

Thomas Nad

Integration der Six Sigma Methodik in ein reifes Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems

In dieser »Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement« werden die Dissertationen, die im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und im Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO entstanden sind, veröffentlicht.

An beiden Instituten wird universitäre Grundlagenforschung mit angewandter Auftragsforschung verknüpft und erfolgreich in zahlreichen Projekten praxisgerecht umgesetzt.

Technologiemanagement umfasst dabei die integrierte Planung, Gestaltung, Optimierung, Bewertung und den Einsatz von technischen Produkten und Prozessen aus der Perspektive von Mensch, Organisation, Technik und Umwelt. Dabei werden neue anthropozentrische Konzepte für die Arbeitsorganisation und -gestaltung erforscht und erprobt. Die Arbeitswissenschaft mit ihrer Systematik der Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen sowie ihren humanen und wirtschaftlichen Zielen ist dabei zentral in die Aufgabe des Technologiemanagements eingebunden.

ISBN 978-3-8396-0526-4



9 783839 1605264

ISSN 2195-3414

Fraunhofer Verlag



SCHRIFTENREIHE ZU ARBEITSWISSENSCHAFT UND TECHNOLOGIEMANAGEMENT

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e. h. mult. Dr. h. c. mult. Hans-Jörg Bullinger

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart, Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart

Band 4

Thomas Nad

Integration der Six Sigma Methodik in ein reifes Vorgehensmodell zur Konfiguration
eines Lean Production Systems

Impressum

Kontaktadresse:

*Institut für Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart und
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-01, Fax -2299
www.iat.uni-stuttgart.de
www.iao.fraunhofer.de*

*Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement*

Herausgeber:

*Univ. Prof. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath
Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. mult.
Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger*

*Institut für Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart und
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO*

*Bibliografische Information der
Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet
diese Publikation in der Deutschen National-
bibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über www.dnb.de abrufbar.*

*ISSN 2195-3414
ISBN 978-3-8396-0526-4*

*D 93
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2013*

*Druck und Weiterverarbeitung:
IRB Mediendienstleistungen
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB, Stuttgart*

*Für den Druck des Buches wurde chlor-
und säurefreies Papier verwendet.*

*© by FRAUNHOFER VERLAG, 2013
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 800469, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500, Fax -2508
E-Mail verlag@fraunhofer.de
<http://verlag.fraunhofer.de>*

Alle Rechte vorbehalten

*Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile ur-
heberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über
die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hin-
ausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Ver-
lages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfil-
mungen sowie die Speicherung in elektronischen
Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen
und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt
nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen
im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-
Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und des-
halb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit
in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze,
Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug
genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann
der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständig-
keit oder Aktualität übernehmen.*

Geleitwort

Grundlage der Arbeiten am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und am kooperierenden Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO ist die Überzeugung, dass unternehmerischer Erfolg in Zeiten globalen Wettbewerbs vor allem bedeutet, neue technologische Potenziale nutzbringend einzusetzen. Deren erfolgreicher Einsatz wird vor allem durch die Fähigkeit bestimmt, kunden- und mitarbeiterorientiert Technologien schneller als die Mitbewerber zu entwickeln und anzuwenden. Dabei müssen gleichzeitig innovative und anthropozentrische Konzepte der Arbeitsorganisation zum Einsatz kommen. Die systematische Gestaltung wird also erst durch die Bündelung von Management- und Technologiekompetenz ermöglicht. Dabei wird durch eine ganzheitliche Betrachtung der Forschungs- und Entwicklungsthemen gewährleistet, dass wirtschaftlicher Erfolg, Mitarbeiterinteressen und gesellschaftliche Auswirkungen immer gleichwertig berücksichtigt werden.

Die im Rahmen der Forschungsarbeiten in den Instituten entstandenen Dissertationen werden in der »Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement« veröffentlicht. Die Schriftenreihe ersetzt die Reihe »IPA-IAO Forschung und Praxis«, herausgegeben von H. J. Warnecke, H.-J. Bullinger, E. Westkämper und D. Spath. In dieser Reihe sind in den vergangenen Jahren über 500 Dissertationen erschienen. Die Herausgeber wünschen den Autoren, dass ihre Dissertationen aus den Bereichen Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement in der breiten Fachwelt als wichtige und maßgebliche Beiträge wahrgenommen werden und so den Wissensstand auf ein neues Niveau heben.



Dieter Spath



Hans-Jörg Bullinger

Vorwort

Bei der Erstellung der Dissertation haben mich viele begleitet und gefördert. Ihnen möchte ich im Folgenden meinen Dank aussprechen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath, dem Leiter des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und des Instituts für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart für seine persönliche Betreuung, wohlwollende fachliche Unterstützung und beständige Förderung der Arbeit.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper, dem Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF der Universität Stuttgart danke ich für die Übernahme des Mitberichts.

Ganz besonders danke ich Herrn Dipl.-Ing. Axel Korge für seine engagierte und konstruktive Betreuung und sein intensives Interesse an dem Thema. Weiterhin möchte ich mich für die zahlreichen Diskussionen, Abstimmungen und Impulse, die wesentlich zum Erfolg der Arbeit beigetragen haben, bedanken.

Bei Herrn Dipl.-Ing. Werner Steck möchte ich mich für die langjährige Unterstützung und die Möglichkeit der Durchführung der Arbeit bedanken. Mein Dank gilt auch Herrn Dipl.-Betriebsw. (FH) Michael Berner, Herrn Dr.-Ing. Volker Bräutigam, Herrn Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Holzammer und Herrn Dipl.-Ing. (FH) Ralf Maus, die durch ihre jeweils individuelle Unterstützung zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Meiner Freundin Petra Schoch möchte ich für das Verständnis und die Geduld danken, die sie mir während der Erstellung der Arbeit entgegengebracht hat.

Meiner Schwester Nicola danke ich, dass sie mich bei meinen Entscheidungen stets ermutigt hat.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben. Sie haben mich bei der Erstellung dieser Arbeit zu jeder Zeit unterstützt. Ihnen sei diese Arbeit gewidmet.

Asperg im Januar 2013
Thomas Nad

Integration der Six Sigma Methodik in ein reifes Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thomas Nad
aus Kempten

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath

Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult.
Engelbert Westkämper

Tag der mündlichen Prüfung: 14.01.2013

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
der Universität Stuttgart

2013

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	14
Summary	16
1 Einleitung	19
1.1 Das Lean Production System findet in vielen Bereichen Anwendung	19
1.2 Probleme bei der Konfiguration eines Lean Production Systems.....	20
1.3 Das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems ist nicht ausgereift.....	21
1.4 Die Six Sigma Methodik kann den Reifegrad des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems verbessern	26
1.5 Aufbau der Arbeit.....	28
2 Stand der Technik	29
2.1 Bewertung von Vorgehensmodellen nach TÖPFER	29
2.2 Bewertung des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems	31
2.2.1 Strategie	31
2.2.2 Vorgehen	32
2.2.3 Methoden.....	34
2.2.4 Kultur	35
2.3 Zusammenfassung der Schwächen des Vorgehensmodells.....	37
2.4 Komplementäre Stärken der Six Sigma Methodik	38
2.4.1 Vorgehensstruktur: DMAIC-Zyklus	38
2.4.2 Standardisierung im Vorgehen	40
2.4.3 Statistikeinsatz: 6σ	41
2.4.4 Methodenportfolio im standardisierten Vorgehen und zur systematischen Methodenauswahl.....	43
2.5 Kombinierte Ansätze des Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik	48
2.5.1 Dimensionen der Kombination.....	48
2.5.2 Systematisches Vorgehen	48
2.5.3 Systematische Bewertung und Methodenauswahl	50
2.5.4 Verfahren ohne Systematik	50
2.5.5 Defizit: Fehlende Systematik im Vorgehen, in der Bewertung und Methodenauswahl.....	51
2.6 Zwischenfazit des Stands der Technik	52
3 Zielsetzung und Lösungsansatz	53
3.1 Zielsetzung	53
3.2 Lösungsansatz	54

4	Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik	55
4.1	Aufbau des Vorgehensmodells.....	56
4.2	Systematisches Vorgehen.....	57
4.2.1	Define: Projektdefinition.....	57
4.2.2	Measure: Systematische Bewertung des Produktionssystems	58
4.2.3	Analyze: Analyse des Produktionssystems	59
4.2.4	Improve: Verbesserung des Produktionssystems.....	60
4.2.5	Control: Kontrolle der Zielerreichung	61
4.3	Systematischer Methodeneinsatz.....	63
4.3.1	Projektdefinition mit Six Sigma Methoden	63
4.3.2	Messen von Verschwendung mit 6σ als Zielwert.....	65
4.3.3	Messen des Lean-Umsetzungsstandes nach Bewertungskatalog	74
4.3.4	Schwachstellenanalyse mit dem House-of-Lean-Quality.....	77
4.3.5	Six Sigma Roadmaps als Umsetzungsguide	81
4.3.6	Erfolgskontrolle mit einem Radardiagramm.....	83
4.4	Zwischenfazit.....	84
5	Verifikation anhand von Anwendungsbeispielen bei einem Automobilzulieferer	85
5.1	Ausgangssituation	85
5.2	Anwendungsbeispiel 1: Rohrbearbeitung	86
5.2.1	Define: Definition des Projektes in der Rohrbearbeitung	87
5.2.2	Measure: Bewertung der Rohrbearbeitung.....	90
5.2.3	Analyze: Analyse der Bewertungen.....	95
5.2.4	Improve: Verbesserungsprojekte in der Rohrbearbeitung	97
5.2.5	Control: Ergebniskontrolle in der Rohrbearbeitung.....	104
5.3	Anwendungsbeispiel 2: Dreherei.....	105
5.3.1	Define: Definition des Projekts in der Dreherei	105
5.3.2	Measure: Bewertung der Dreherei.....	105
5.3.3	Analyze: Analyse der Bewertungen.....	106
5.3.4	Improve: Verbesserungsprojekte in der Dreherei	107
5.3.5	Control: Ergebniskontrolle in der Dreherei.....	108
5.4	Reifegrad des Vorgehensmodells in den Anwendungsbeispielen.....	109
6	Erfolgsbewertung anhand des Reifegrades	112
7	Zusammenfassung und Ausblick	114
8	Literaturverzeichnis	116
9	Anhang.....	124
9.1	Erklärungen zu den Bewertungen in der Beziehungsmatrix des House-of-Lean-Quality	124
9.2	Beschreibung ausgewählter Lean-Methoden	129
9.3	Katalog zur qualitativen Bewertung	140
9.4	Six Sigma Roadmaps	144

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse der Lean Management Studie 2008 [MANA09, S.3]	19
Abbildung 2: Zufriedenheit mit den Ergebnissen des eingeführten Lean Production Systems	20
Abbildung 3: Modell zur Bewertung des Reifegrades eines Produktionssystems [BAUM06, S.116] ...	21
Abbildung 4: Schwächen des Lean Production Systems [NAD10, S.300]	24
Abbildung 5: Reifegrad im Vergleich	27
Abbildung 6: Aufbau der Arbeit	28
Abbildung 7: Bewertungssystem für Vorgehensmodelle [TOEP09, S.26, nach HUTH07, S.11].....	29
Abbildung 8: PDCA-Zyklus.....	33
Abbildung 9: Methoden in Lean Production Systemen [BAUM06, S.79].....	34
Abbildung 10: Schwächen des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems	37
Abbildung 11: Vorgehensstruktur in Form des DMAIC-Zyklus	38
Abbildung 12: Zuordnung der Six Sigma Methoden zu den Projektphasen des DMAIC-Zyklus	40
Abbildung 13: 6 σ Bewertung [BREY00, S.38ff] [LUNA06, S.7] [TOEP07b, S.59].....	41
Abbildung 14: Statistische Formeln [BAMB87, S.127]	41
Abbildung 15: Prozessindizes	42
Abbildung 16: Project Charter	43
Abbildung 17: Beispiel eines SIPOC [WILL00, S.11]	44
Abbildung 18: Voice of the Customer (VOC).....	44
Abbildung 19: Data Collection Plan [WILL00, S.23]	45
Abbildung 20: Beispiel einer Gage R&R Analyse.....	45
Abbildung 21: House-of-Quality	46
Abbildung 22: Visualisierungsformen und deren Anwendungsbereiche	47
Abbildung 23: Six Sigma als Zugmaschine, Lean Elemente als Hilfsmittel [RODE06, S.14]	49
Abbildung 24: Aufbau und Inhalt von Lean Six Sigma nach WEDGWOOD [WEDG06, S.10]	49
Abbildung 25: Portfolio: Vorgehensweise und Lean-Methodenauswahl	51
Abbildung 26: Die komplementären Stärken und Schwächen der bewerteten Vorgehensmodelle	52
Abbildung 27: Zielsetzung der Arbeit	53
Abbildung 28: Lösungsansatz	54
Abbildung 29: Aufbau des Vorgehensmodells	55
Abbildung 30: Standardisiertes Vorgehen in der Define Phase	57
Abbildung 31: Standardisiertes Vorgehen in der Measure Phase.....	58
Abbildung 32: Betrachtungsansätze zur Bewertung eines Produktionssystems.....	59
Abbildung 33: Standardisiertes Vorgehen in der Analyse Phase.....	59
Abbildung 34: Standardisiertes Vorgehen in der Improve Phase.....	60
Abbildung 35: Standardisiertes Vorgehen in der Control Phase	61
Abbildung 36: Entwicklung der unternehmensindividuellen Struktur.....	64
Abbildung 37: Strukturbild: Lean Production System mit der Six Sigma Methodik	64
Abbildung 38: Entwicklung eines Systems zum Messen von Verschwendung mit 6 σ	65
Abbildung 39: Messen von Überproduktion mit 6 σ als Zielwert	66

Abbildung 40: Messen von Verzögerungen mit 6σ als Zielwert	67
Abbildung 41: Messen des Lagerbestandes mit 6σ als Zielwert	68
Abbildung 42: Aggregation von Einzel-DPMO-Werten.....	68
Abbildung 43: Messen von Transportbewegungen mit 6σ als Zielwert.....	69
Abbildung 44: Messen der Fertigungskosten mit 6σ als Zielwert.....	70
Abbildung 45: Messen von Bewegungsabläufen mit 6σ als Zielwert	71
Abbildung 46: Messen von fehlerhaften Produkten mit 6σ als Zielwert.....	71
Abbildung 47: Messen von Unausgeglichenheit mit 6σ als Zielwert	72
Abbildung 48: Messen von Überbelastung mit 6σ als Zielwert	73
Abbildung 49: Entwicklung eines Bewertungskatalogs zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes .	74
Abbildung 50: Ausschnitt des Bewertungskatalogs zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes	75
Abbildung 51: Analogie des House-of-Quality und des House-of-Lean-Quality.....	77
Abbildung 52: Aufbau des House-of-Lean-Quality	78
Abbildung 53: Beispiel eines House-of-Lean-Quality	80
Abbildung 54: Six Sigma Roadmap als Umsetzungsguide am Beispiel der Produktionsplanung.....	82
Abbildung 55: Erfolgskontrolle mit einem Radardiagramm	83
Abbildung 56: Integration von Six Sigma Methoden in das Vorgehensmodell	84
Abbildung 57: Strukturbild des Fertigungsbereichs im Ausgangszustand.....	86
Abbildung 58: Project Charter des Anwendungsbeispiels.....	88
Abbildung 59: SIPOC-Darstellung der Teilefertigung.....	89
Abbildung 60: Auszug des Strukturmodells.....	90
Abbildung 61: Data Collection Plan im Anwendungsbeispiel	91
Abbildung 62: Messen von Überproduktion mit 6 Sigma als Zielwert	92
Abbildung 63: Gesamtergebnis der Messung mit 6 Sigma als Zielwert	93
Abbildung 64: Bewertung des Lean-Umsetzungsstandes im Anwendungsbeispiel.....	94
Abbildung 65: Messen des Lean-Umsetzungsstandes im Anwendungsbeispiel 1.....	95
Abbildung 66: House-of-Lean-Quality im Anwendungsbeispiel 1	96
Abbildung 67: Ist-Zustand der Produktionssteuerung ohne Heijunka	98
Abbildung 68: Six Sigma Roadmap zur Einführung der Produktionssteuerung mittels „Heijunka“	99
Abbildung 69: Gestaltung der Produktionssteuerung mittels Steuerungsboard	100
Abbildung 70: Ist-Zustand im Anwendungsbeispiel.....	101
Abbildung 71: Six Sigma Roadmap zur Gestaltung des Layouts für eine Fließfertigung	102
Abbildung 72: Zielzustand im Anwendungsbeispiel	103
Abbildung 73: Ergebniskontrolle in der Rohrbearbeitung.....	104
Abbildung 74: Messen von Verschwendung mit 6σ als Zielwert im Anwendungsbeispiel 2	105
Abbildung 75: Messen des Lean-Umsetzungsstandes im Anwendungsbeispiel 2.....	106
Abbildung 76: House-of-Lean-Quality im Anwendungsbeispiel 2	107
Abbildung 77: Erfolgskontrolle in der Dreherei.....	108
Abbildung 78: Eindeutigkeit der Zielsetzung in den Anwendungsbeispielen.....	109
Abbildung 79: Zuverlässigkeit der Ergebnisse in den Anwendungsbeispielen.....	110
Abbildung 80: Zeitaufwand zur Definition des Projektablaufs	110
Abbildung 81: Erfolgsbewertung anhand des Reifegradmodells.....	112

Abbildung 82: Beziehungsmatrix des House-of-Lean-Quality	124
Abbildung 83: Ablauf der Produktionsplanung [in Anlehnung an SHIN92, S.59]	129
Abbildung 84: Beispiel zur Produktionsnivellierung und -glättung	130
Abbildung 85: Ablauf eines Kanban-Systems	131
Abbildung 86: Fließproduktion	132
Abbildung 87: Morphologischer Kasten für die Ausprägungsformen einer Fließproduktion.....	132
Abbildung 88: Synchronisation der Mitarbeiter-Zykluszeiten	133
Abbildung 89: Layoutgestaltung	134
Abbildung 90: Stufen der Autonomation.....	136
Abbildung 91: Säulen des TPM.....	137
Abbildung 92: Bedeutung von 5-S	138
Abbildung 93: Gruppenarbeit im Produktionsprozesssystem.....	139

Abkürzungsverzeichnis

5-S	5 Stufen der Lean Methode zur Ordnung und Sauberkeit
CTQ	Critical to Quality
DMADV	Entwicklungszyklus mit den Phasen Define, Measure, Analyze, Design, Verify
DMAIC	Verbesserungszyklus mit den Phasen Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DPMO	Defects per million opportunities
EFQM	European Foundation for Quality Management
ERP	Enterprise Resource Planing
etc.	et cetera
F	Frühschicht
f.	folgende
FAUF	Fertigungsauftrag
ff.	fortfolgende
FMEA	Fehler-Möglichkeiten-Einfluss-Analyse
ggf.	gegebenenfalls
GPS	Ganzheitliches Produktionssystem
i. H. v.	in Höhe von
i.d.R.	in der Regel
JIT	Just-in-Time
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LSL	Lower Specification Limit = untere Toleranzgrenze
MIT	Massachusetts Institut of Technologie
N	Nachtschicht
Nr.	Nummer
Ø	Mathematisches Zeichen für den Durchschnitt
o. ä.	oder ähnliches
PAUF	Planauftrag
PDCA	Verbesserungszyklus mit den Stufen Plan, Do, Check, Act
ppm	Parts per million
S	Spätschicht
s. a.	siehe auch
S.	Seite
s.	siehe
SIPOC	Supplier-Input-Process-Output-Customer

SMED	Single minute exchange of die
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TRIZ	Russische Abkürzung von „Teoria reschenija isobretatjelskich sadatsch“ mit der übersetzten Bedeutung „Theorie des erfinderischen Problemlösens“
u. a.	unter anderem
USL	Upper Specification Limit = obere Toleranzgrenze
vgl.	vergleiche
VOC	Voice of the Customer
z. B.	zum Beispiel
σ	Mathematisches Zeichen für die Standardabweichung Sigma

Summary

Shortly after the 2nd world war TOYODA and OHNO developed the contents of the Toyota Production System. However, it only received international recognition when Womack, Jones and Ross [WOMA90] published the MIT study titled "The machine that changed the world" and created the name "Lean Production System". Today the theory of the Lean Production System has spread worldwide in various industries and divisions one simply cannot imagine any current production system without it.

Despite huge interest in introducing the Lean Production System and the vast success several companies like Toyota, Porsche, Siemens and Schmidt Cargobulls achieved with it, there are still a large number of companies struggling with the successful configuration of their own Lean Production System.

Reasons for this struggle are based on the fact that the approach-model is still not mature, as an analysis with the help of a mature-model of BAUMGAERTNER reveals. An analysis of the approach-model to configure a Lean Production System shows, that it does not fulfil any of the required criteria, such as unique targets, reliable results and clearly defined, standardised processes. According to the mature-model this stage is classified as "improvisation". In comparison the Six Sigma Methodology reveals a more advanced degree of maturity. According to the mature-model of BAUMGAERTNER it reaches the stage of "stable process".

Based on these results, the target of this dissertation exists in combining the approach-models to achieve a more advanced degree for the Lean Production System. The aim is to reach the stage of "stable process" for the approach-model to configure a Lean Production System as well.

TOEPFER developed an evaluation system that allows for the identification of the weaknesses in approach-models. Based on this evaluation system the main aspects relating to the lack of completeness in the approach-model of the Lean Production Systems are as follows:

Approach:

- No systematic and integrated approach structure
- Missing standardisation in the project phases

Methods:

- No statistical evaluation of the lean target system (sources of waste)
- No systematic selection of the lean methods

Based on these findings coherent elements of the Six Sigma Methodology are selected, transferred and applied to improve the approach-model of the Lean Production System. The following elements are the main constituents:

- **Systematic and integrated approach structure:** The DMAIC-cycle of the Six Sigma Methodology was transferred and adapted to the application in the Lean Production System. The design of the DMAIC-cycle is split into five phases, thus ensuring a systematic examination of Lean projects. Since this approach structure is universally applicable, it can be used in the same way for strategic projects (e.g. configuration of whole production systems) as in operational (e.g. roadmaps) projects.
- **Standardisation of methods in the project phases:** In order to standardise the proceedings in the project phases, the necessary Lean- and Six Sigma methods are assigned to each phase of the DMAIC-cycle. As a result the user receives clear and standardised descriptions of each step including the appropriate methods throughout the whole project of configuring a Lean Production System.

- **Systematic selection of lean methods:** The developed House-of-Lean-Quality represents the core of the extended method portfolio. It permits to structure the correlations among the different lean methods, to evaluate the necessity of each method for individual production systems and to systematically select the most adequate methods. This results in a transparent and logically comprehensible selection of the lean methods with the highest improvement potential.
- **Statistics to measure the lean target system:** The lean target system, which consists of the “sources of waste”, has the disadvantage that it cannot be measured. It only requires the elimination of all kinds of waste. Transferring the Six Sigma statistics eliminates this disadvantage and allows for the measurement of the lean target system in a quantitative and statistically reliable way. In this dissertation a specific Six Sigma formula is developed for each source of waste. Thus the σ -level can be calculated in a mathematically unique, standardised and comparable form. In addition to the statistical measurement a practical evaluation catalogue is developed to measure the actual implementation status of each lean method in the observed production system.

The developed approach-model to configure a Lean Production System allows for the implementation of the system in a systematic, method oriented and measurable way.

To verify the practicality and validity of the developed approach-model, it is implemented as a pilot in several departments of an automotive supplier enterprise. These results show a reliable and standardised reach of the pre-set lean targets.

A final evaluation with the mature-model by BAUMGAERTNER resulted in the developed approach-model fulfilling the following desired mature criteria.

- unique targets
- reliable results
- clearly defined and standardised processes

Thus the developed approach-model to configure a Lean Production System of the dissertation reaches the aspired degree of “stable processes” in the mature-model.

1 Einleitung

Das Lean Production System findet in vielen Bereichen Anwendung (Kapitel 1.1), allerdings bereitet das Vorgehensmodell zur Konfiguration dieses Systems den Unternehmen Schwierigkeiten (Kapitel 1.2). Die Ursache für diese Schwierigkeiten liegt darin, dass das Vorgehensmodell nicht ausgereift ist (Kapitel 1.3). Mit der Six Sigma Methodik scheint es möglich zu sein, den Reifegrad des Vorgehensmodells zu verbessern (Kapitel 1.4).

1.1 Das Lean Production System findet in vielen Bereichen Anwendung

Die Inhalte des Lean Production Systems entwickelten TOYODA und OHNO [WOMA90, S.49] bereits nach dem 2. Weltkrieg in ihrem Toyota Production System (TPS). International bekannt wurde dieses System jedoch erst durch die Veröffentlichung der MIT Studie unter dem Titel „The machine that changed the world“ von WOMACK, JONES und ROSS [WOMA90]. Der Begriff „lean“ wurde in der MIT-Studie [WOMA90, S.13] gewählt, da ein vorrangiges Ziel des Toyota Produktionssystems darin besteht, jegliche Art von Verschwendung zu vermeiden [OHNO93, S.30] [WEST05a, S.60]. Dadurch soll eine „schlanke“ Produktion erreicht werden, die von allen Ressourcen „weniger“ als in der herkömmlichen Massenproduktion benötigt [WOMA90, S.14]. Von den Verbesserungen und Erfolgen Toyotas überzeugt, führten zahlreiche Unternehmen das Lean Production System ein.

Heute ist das Lean Production System aus der Automobilindustrie nicht mehr wegzudenken. SPATH stellt fest, dass die meisten Automobilunternehmen derartige Produktionssysteme eingeführt haben und bewertet die Intensität, mit der sie diese Aktivitäten vorantreiben, als beträchtlich [SPAT03, S.11]. FITSCH teilt die Einschätzung und geht davon aus, dass heute fast alle internationalen Automobilkonzerne ihre eigenen „schlanken“ Produktionssysteme nach dem Vorbild des Toyota Produktionssystems haben [FITS07, S.76]. Das Lean Production System findet allerdings nicht nur in der Automobilindustrie Anwendung [WEST05a, S.222]. Anhand einer Kurzstudie des Fraunhofer Instituts für Arbeitswissenschaft und Organisation (IAO) kommt SPATH zu dem Ergebnis, dass zahlreiche weitere Unternehmen jeder Größe aus allen produzierenden Branchen derartige Produktionssysteme realisieren [SPAT03, S.11]. Laut WOMACK [WOMA04, S.9] hat eine Untersuchung gezeigt, dass das Lean System überall eingeführt werden kann, wo Produkte, Service- und Dienstleistungen irgendeiner Art für einen Kunden entstehen. Auch TÖPFER [TOEP09, Vorwort], RODEN [RODE06, Vorwort] und FITSCH [FITS07, S.76] teilen diese Einschätzung und sehen eine zunehmende Verbreitung des Lean Production Systems sowohl in Industrie- als auch in Dienstleistungsunternehmen. Die „Lean Management Studie 2008“ [MANA09, S.3], die durch die Allied Consultants Europe unter mehr als 750 europäischen Unternehmen durchgeführt wurde, bestätigt die Verbreitung. Demnach haben sowohl in der Industrie als auch in der Dienstleistung und der öffentlichen Verwaltung ein Großteil der Unternehmen das Lean Production System bereits eingeführt bzw. befindet sich in der Planung (s. Abbildung 1). Über alle Bereiche betrachtet, ist die Einführung eines Lean Production Systems bei nur 23% der Unternehmen nicht beabsichtigt.

Einsatz von Lean	Industrie	Dienstleistung	Öffentl. Verwaltung	Gesamt
Ja	69%	41%	39%	57%
Nein, ist aber geplant	18%	22%	25%	20%
Nein, ist auch nicht geplant	13%	37%	36%	23%

Abbildung 1: Ergebnisse der Lean Management Studie 2008 [MANA09, S.3]

1.2 Probleme bei der Konfiguration eines Lean Production Systems

Trotz des hohen Interesses an der Einführung des Lean Production Systems und den großen Erfolgen, die einige Firmen, z. B. Toyota [JONE06, S.2], Porsche [WOMA04, S.223], Roto Frank [KNUE10, S.1], Siemens [DUER11, S.90], Schmidt Cargobull [FASS06, S.18] dadurch aufweisen können, gibt es eine Vielzahl von Unternehmen, die mit der erfolgreichen Konfiguration ihres eigenen Lean Production Systems Schwierigkeiten haben [ROTH09, S.21] [REIN09, S.141] [SCHO07, S.24]. Unter Konfiguration wird in Anlehnung an DUDEN [DUDE03] die Gestaltung eines Systems mit Hilfe einer systematischen Auswahl, Zusammenstellung und Verknüpfung von Elementen oder Methoden verstanden. DAHM ist der Meinung, dass die Ansätze des Lean Production Systems oftmals nicht die gewünschte Wirkung zeigen [DAH09, Vorwort]. Auch WILDEMANN stellt fest, dass bei vielen Unternehmen „[...] nicht mehr als der Begriff „Produktionssystem“ in den Unternehmenspräsentationen enthalten blieb“ [WILD06, S.546]. DEVANE verweist auf Studien, die zeigen, dass nahezu 70% aller Verbesserungsaktivitäten scheitern [DEVA04, S.xxxvi]. WOMACK [SCHO08, S.12], GEORGE [GEOR02, S.xii] und FISHER [FISH07, S.5] stellen bei der Einführung nur anfängliche Verbesserungen fest und beobachten danach eine Rückkehr zu alten Arbeitsweisen.

Um diese Aussagen und Beobachtungen zu verifizieren, wurde eine Kurzstudie unter 358 produzierenden deutschen Unternehmen durchgeführt. Sie richtete sich an Führungspersonen (Geschäftsführer/in, Werksleiter/in, Abteilungsleiter/in) und Lean-Verantwortliche. Die Auswertung basiert auf 45 Antworten. In dieser Kurzstudie wurden die Teilnehmer gefragt, inwieweit sie mit den Ergebnissen des eingeführten Lean Production Systems zufrieden sind [NAD10, S.299].

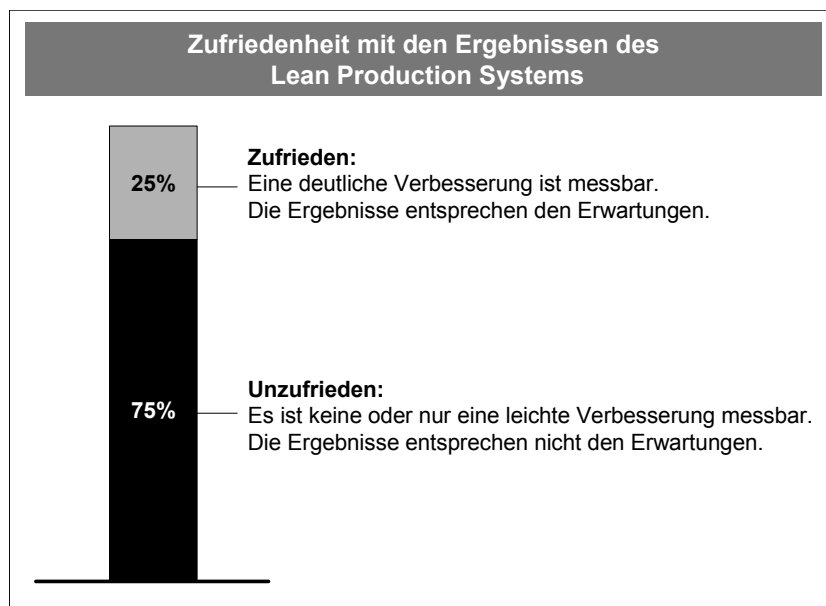


Abbildung 2: Zufriedenheit mit den Ergebnissen des eingeführten Lean Production Systems

Die Auswertung der Umfrage zeigt, dass nur ein Viertel der Teilnehmer mit den Ergebnissen des eingeführten Lean Production Systems zufrieden ist. Verbesserungen sind bei diesen Unternehmen deutlich messbar. Eine überwiegende Mehrheit der Teilnehmer ist mit den Ergebnissen jedoch unzufrieden. Bei rund drei Viertel der befragten Unternehmen stellen die Teilnehmer keine bzw. nur leichte Verbesserungen fest. Die Ergebnisse entsprechen damit nicht den Erwartungen. Die Ergebnisse der Kurzstudie bekräftigen die Erkenntnisse der oben genannten Autoren darin, dass die erfolgreiche Konfiguration des Lean Production Systems den Unternehmen Schwierigkeiten bereitet.

1.3 Das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems ist nicht ausgereift

Aus den Betrachtungen ergibt sich eine kontroverse Situation. Einerseits erzielen einige Unternehmen bemerkenswerte Erfolge durch den Einsatz des Lean Production Systems und bestätigt damit das beträchtliche Potenzial. Andererseits gelingt es einem Großteil der Unternehmen nicht, das Potenzial in ähnlicher Weise erfolgreich auszuschöpfen. Dabei scheint weniger der Inhalt des Lean Production System, als vielmehr das Vorgehensmodell zur Konfiguration dessen für die Schwierigkeiten ursächlich zu sein [REIN09, S.3] [ROTH09, S.22ff]. Als Vorgehensmodelle werden nach TÖPFER Managementansätze [TOEP09, S.25] bezeichnet, die eine systematische und methodengestützte Veränderung bewirken sollen. Im Gegensatz zu einem Vorgehen oder einer Vorgehensweise sind diese Modelle wesentlich umfassender [DAEN02, S.29]. Vorgehensmodelle beschränken sich nicht auf die Definition von Projektschritten (z.B. Problem-Lösungszyklus) sondern erheben den Anspruch ein ganzheitliches Modell für die Veränderungen und Gestaltung eines Systems zu beschreiben. Im Folgenden wird daher der Reifegrad des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems untersucht.

BAUMGÄRTNER [BAUM06] hat ein Modell entwickelt, mit dem sich der Reifegrad eines Produktionssystems beurteilen lässt. Dieses Modell stellt eine Weiterentwicklung der Ansätze von SCHLAUSS [SCHL03], FUJIMOTO [FUJI99] und MILTENBURG [MILT95] dar. Abbildung 3 zeigt die fünf Stufen des Reifegradmodells und die jeweiligen Kriterien dafür.

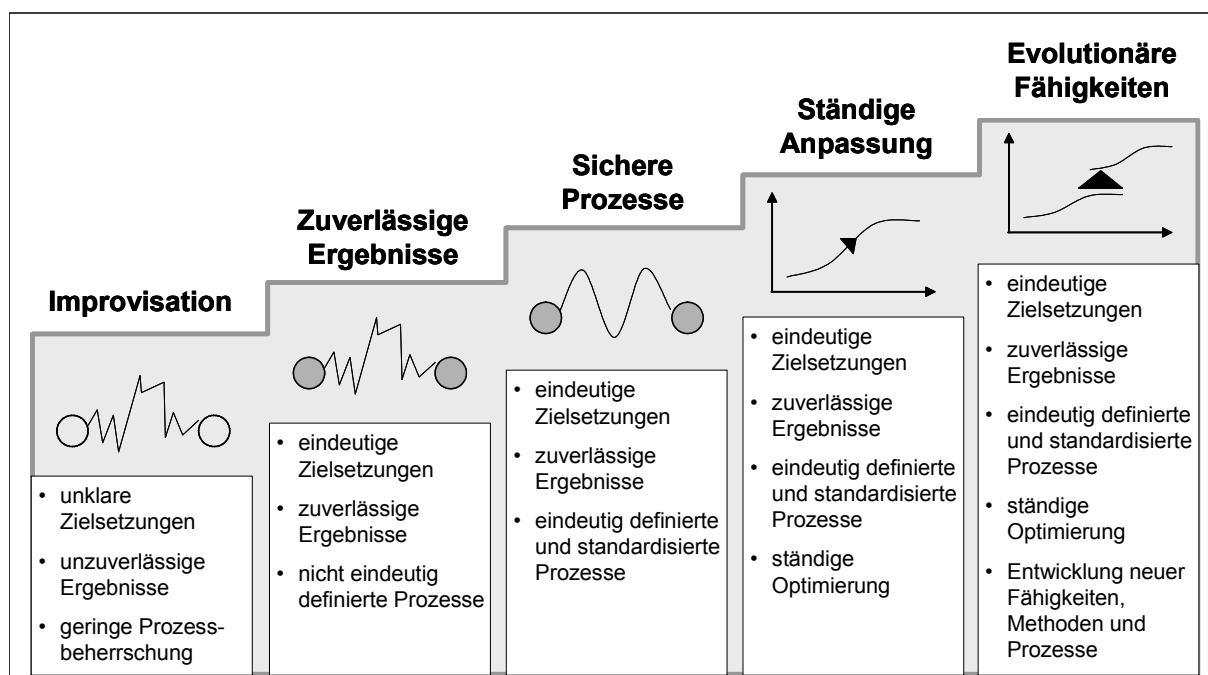


Abbildung 3: Modell zur Bewertung des Reifegrades eines Produktionssystems [BAUM06, S.116]

Abbildung 3 veranschaulicht, dass sich der Reifegrad eines Produktionssystems in fünf Stufen unterteilen lässt. Die unterste Reifegradstufe bezeichnet BAUMGÄRTNER als „Improvisation“, die höchste Stufe als „Evolutionäre Fähigkeiten“. Welche Reifegradstufe ein Produktionssystem erreicht hängt von der Erfüllung der Bewertungskriterien ab.

Übertragung des Reifegradmodells auf die Bewertung von Vorgehensmodellen

Das Reifegradmodell wurde originär zur Bewertung eines Produktionssystems entwickelt. Um damit auch Vorgehensmodelle zur Konfiguration von Produktionssystemen bewerten zu können, müssen die Bewertungskriterien übertragen werden, bzw. deren Anwendbarkeit überprüft werden. Dies erfolgt im nächsten Abschnitt für die Bewertungskriterien:

- Eindeutigkeit der Zielsetzung
- Zuverlässigkeit der Ergebnisse
- Eindeutige Definition und Standardisierung der Prozesse
- Ständige Optimierung
- Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse

Eindeutigkeit der Zielsetzung: Die Voraussetzung für einen zielorientierten Projektverlauf besteht darin, dass das Vorgehensmodell eine eindeutige Definition der Ziele bei Projektbeginn sicherstellt [DAEN02, S.135f].

Zuverlässigkeit der Ergebnisse: In Analogie zu Produktionsprozessen stellt das zuverlässige Erreichen der Ergebnisse den Kern der Aufgabenstellung eines Vorgehensmodells dar. Bei einem ausgereiften Vorgehen müssen die Ziele zuverlässig erreicht werden.

Eindeutige Definition und Standardisierung der Prozesse: Bei einem Vorgehensmodell stellen der Projektablauf und der Methodeneinsatz den „Prozess“ dar. Dementsprechend muss bei einem reifen Vorgehensmodell ein systematischer Projektablauf und Methodeneinsatz in standardisierter Form definiert sein [DIET96, S.13].

Ständige Optimierung: Im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung wird auch an ein Vorgehensmodell die Anforderung gestellt, sich ständig zu optimieren. Ein Vorgehensmodell muss sich an geänderte Anforderungen und Umweltbedingungen anpassen, um erfolgreich zu bleiben.

Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse: Bei einem reifen Vorgehensmodell werden nicht nur bestehende Elemente angepasst, sondern es schafft die Voraussetzung neue Fähigkeiten, Methoden und Prozesse zu entwickeln.

Die Ausführungen zeigen, dass das Reifegradmodell auch zur Bewertung von Vorgehensmodellen geeignet ist.

Bewertung des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems anhand des Reifegradmodells

Im Folgenden soll der Reifegrad des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems bewertet werden. Nach den bisherigen Erkenntnissen zu den Problemen aus der Praxis scheint sich dieser auf der Stufe der „Improvisation“ zu befinden. Für eine systematische Beurteilung und Eingruppierung wird das Vorgehensmodell anhand der Bewertungskriterien untersucht.

Eindeutigkeit der Zielsetzung:

Das Zielsystem des Lean Production Systems besteht in der Vermeidung von Verschwendung (Muda) [OHNO93, S.30] [SHIN92, S.37]. Verschieden Autoren ergänzen dieses Zielsystem durch die Kriterien der Unausgeglichenheit (Mura) und der Überbelastung (Muri) [LIKE07, S.171] [TRAE94, S.23]. Für eine klare Zielsetzung ist es wichtig, nicht nur die Zielkriterien zu benennen, sondern auch eine eindeutige und einheitliche Bewertung (z. B. Maßeinheit) und einen Zielwert festzulegen [DAEN02, S.138]. Da im Lean Production System nur qualitativ von „Vermeidung“ gesprochen wird, wird das Fehlen einer geeigneten Bewertungsmöglichkeit von Ist- und Zielzustand häufig kritisiert, wie folgende Studien und Literaturquellen zeigen:

- Die Lean Management Studie 2008, die durch die Allied Consultants Europe Gruppe unter mehr als 750 Unternehmen durchgeführt wurde, untersuchte unter anderem inwieweit die Unternehmen mit der Zielsetzung und deren Messbarkeit zufrieden sind. Es stellte sich heraus, dass je nach Performance-Gruppe bis zu 69% der Studienteilnehmer „Schwierigkeiten bei der Messung von Effekten“ haben [MANA09, S.27].
- Diese Einschätzung bestätigt auch die oben erwähnte eigene Kurzstudie. Dabei wurden die Teilnehmer nach den Schwächen des Lean Production Systems befragt (s. Abbildung 4). Als größte Schwäche empfanden die Teilnehmer (45%), dass das Lean Production System keine eindeutige Bewertungsmöglichkeit des Erfolges anbietet (s. Abbildung 4). Sie bemängeln damit, dass sich die „Vermeidung von Verschwendung“ nicht eindeutig quantifizieren lässt.
- DIETRICH formuliert diesen Mangel aus praktischer Sicht wie folgt: „Die Unternehmer, [...] möchten wissen: „Wo stehe ich, wo steht meine Organisation, mein Unternehmen in der praktischen Anwendung des Lean-Konzeptes?“ [DIET96, S.13]. Aus akademischer Sicht stellt PFEIL in seiner Dissertation fest, dass „[...] die herkömmlichen Controllinginstrumente im Umfeld eines schlanken Produktionssystems nicht ausreichend sind“ [PFEI09, S.1].

Aufgrund der fehlenden direkten Bewertungsmöglichkeit des Zielsystems werden häufig projektspezifische Kennzahlen, z. B. Durchlaufzeit, Lagerbestand, Rüstzeit herangezogen. Die Auswirkung auf die primäre Zielsetzung bleibt jedoch unklar.

Zuverlässigkeit der Ergebnisse

Verschiedene Studien und Unternehmensvergleiche thematisieren die Frage inwieweit das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems zu zuverlässigen Ergebnissen führt:

- Die Lean Management Studie 2008 zeigt, dass zwar 77% der Unternehmen das Lean Production System einführen bzw. bereits eingeführt haben, aber nur 5% der Unternehmen es geschafft haben, als „Top-Performer“ eingestuft zu werden [MANA09, S.3]. Der Studie nach bereitet es den Unternehmen sowohl Schwierigkeiten die Ergebnisse zuverlässig zu erzielen, als auch die optimierten Prozesse aufrechtzuerhalten (bei Top-Performer haben 45% diese Schwierigkeiten, bei Worst-Performer 54%) [MANA09, S.26].
- ROTHER [ROTH09], einer der bekanntesten Wissenschaftler im Zusammenhang mit Lean Production Systemen, thematisiert in seiner neuen Veröffentlichung das Problem unzuverlässiger Ergebnisse durch das Vorgehensmodell wie folgt: „Ohne Frage sind unsere Betriebe heute besser als vor 20 Jahren. Aber selbst nach vielen Jahren des Versuchs, Toyota zu kopieren, sind wir nicht in der Lage, auch nur ein Unternehmen außerhalb der Toyota-Gruppe zu finden, das seine Qualität und Wettbewerbsfähigkeit im Bereich Kosten so systematisch, effektiv und kontinuierlich adaptiert und verbessert. [...] Aber es scheint nicht zu funktionieren, diese sichtbaren Elemente einfach zu kopieren. Warum? Was fehlt?“ [ROTH09, S.21f]. ROTHER kommt zu dem Schluss, dass dies unter anderem an der falschen Anwendung des Vorgehensmodells („Verbesserungs-Kata“) liegt. [ROTH09, S.36].
- Ein Vergleich der operativen Unternehmensleistung von Automobilherstellern, der von McKinsey angestellt wurde, kommt zu dem Ergebnis, dass trotz der Anstrengungen aller Hersteller eine deutliche Lücke zwischen den „schlanken Unternehmen“ Toyota und Porsche und den nachfolgenden Automobilherstellern besteht [REIN09, S.2].
- Weitere Experten im Bereich des Lean Management stellen fest, dass "[...] die Ansätze oftmals nicht die gewünschte Wirkung zeigten“ [DEVA04, S.xxxvi] oder sind der Meinung: „[...] while many [...] companies understand Lean, they just aren't effective in implementing it.“ [GEOR02, S.xii].

Diese Aussagen, Erfahrungen und Ergebnisse führen zu der Schlussfolgerung, dass das Vorgehensmodell nicht zuverlässig zu den gewünschten Ergebnissen führt.

Eindeutige Definition und Standardisierung der Prozesse:

In einem Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Produktionssystems stehen zwei Prozesse im Vordergrund: der Projektablauf und die Methodenauswahl. Für beide Prozesse wird im Folgenden untersucht, inwieweit sie in eindeutig definierter und standardisierter Form vorliegen.

- **Eindeutig definierter und standardisierter Projektablauf:** Ein eindeutig definierter und standardisierter Projektablauf wird sowohl auf operativer Ebene (Durchführung von Lean-Workshops) als auch auf strategischer Ebene (Konfiguration des Lean Production Systems im gesamten Unternehmen) benötigt. Im Lean Production System gibt es Einzellösungen, die sich vorwiegend auf die operative Ebene beziehen, z. B. Rüstworkshop mit 4 Schritten [TAKE96, S.148] [SHIN92, S.79], 5 Stufen zur Ordnung und Sauberkeit (5-S) [LEIK04, S.17], PDCA zur Problemlösung. Darüber hinaus wurde der Projektablauf von verschiedenen Autoren erweitert. Auf strategischer Ebene wurde z. B. von OELTJE BRUNS ein 7 Phasen-Modell zur Konfiguration [OELT00, S.213] des Lean Production Systems entwickelt. Im Forschungsprojekt IMPROVE entwickelt KORGE [KORG08] einen Ansatz in dem die operative [KORG08, S.166ff] und die strategische Ebene [KORG08, S.177ff] gezielt betrachtet werden. Dennoch kommt TÖPFER zu dem Schluss, dass das Lean-Vorgehen „[...] nur für weniger komplexe Probleme, welche ein geringeres systematisches Vorgehen bedingen“ [TOEP09, S.56], geeignet sei. Dieser Mangel wird auch von Studien bestätigt. Bei der eigenen Kurzstudie bemängeln 15% das Fehlen eines eindeutig definierten Projektablaufs (s. Abbildung 4), bei der Lean Management Studie nennen je nach Performance-Gruppe bis zu 53% der Teilnehmer Schwierigkeiten beim Projektmanagement [MANA09, S.26]. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass es trotz zahlreicher Beschreibungen keinen eindeutig definierten und standardisierten Projektablauf gibt, der durchgängig (auf operativer und strategischer Ebene in gleicher Form) gültig ist.
- **Eindeutig definierte und standardisierte Methodenauswahl:** Das Lean Production System bietet eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden (z. B. Kanban, Pull, One-Piece-Flow, etc.) zur Optimierung an. Die Schwierigkeit besteht darin, die optimale Auswahl und Konfiguration für das Anwenderunternehmen zu finden [WILD06, S.546]. Für die Methodenauswahl bietet das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems keine Lösung an. Für den Anwender bleibt damit unklar, wie die Elemente zusammengehören und welche Elemente in welcher Situation idealerweise eingeführt werden sollten, um den größten Nutzen für das Gesamtsystem zu erzielen. Laut der Kurzstudie empfanden 24% das Fehlen einer Strukturierung und systematischen Methodenauswahl als eine Schwäche des Lean Production Systems (s. Abbildung 4).

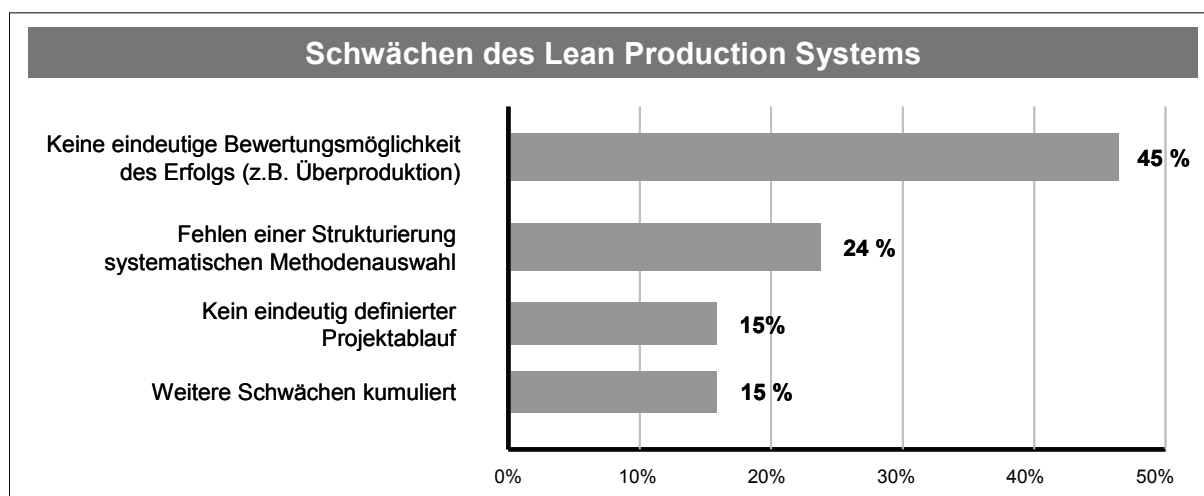


Abbildung 4: Schwächen des Lean Production Systems [NAD10, S.300]

Ständige Optimierung

Wie die Beschreibung zur Prozessstandardisierung zeigt, gibt es im Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems keinen standardisierten Projektablauf. Dementsprechend ist auch das Element der ständigen Optimierung nicht als Standard im Vorgehensmodell integriert. Ansätze wie die „kontinuierliche Verbesserung“ (Kaizen) oder die Stufe des „check“ aus dem PDCA-Zyklus stellen Einzelaspekte dar, die im Rahmen der Lean-Philosophie oder einzelner Umsetzungsprojekte Anwendung finden. Sie sind nicht Bestandteil eines standardisierten Vorgehensmodells zur Konfiguration des Lean Production Systems.

Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse

Das Kriterium „Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse“ verhält sich analog zu dem Kriterium der „ständigen Optimierung“. Es ist nicht explizit im Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems eingebettet.

Anhand der Bewertung nach dem Reifegradmodell von BAUMGÄRTNER lässt sich schlussfolgern, dass das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems keines der fünf Kriterien erfüllt. Nach dem Reifegradmodell befindet es sich demnach auf der Stufe der „Improvisation“.

1.4 Die Six Sigma Methodik kann den Reifegrad des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems verbessern

Die Six Sigma Methodik wurde in den 80-er Jahren bei Motorola entwickelt. Primär hatte Motorola das Ziel die Qualität drastisch zu verbessern und die Qualitätskosten zu senken. Als Ergebnis entstand ein Vorgehensmodell, das seinen Schwerpunkt auf eine durchgehende Systematik und einen gezielten Methodeneinsatz setzt. Bewertet man dieses Vorgehensmodell anhand der Reifegradkriterien von BAUMGÄRTNER, so lässt sich erkennen, die Six Sigma Methodik in folgenden Bereichen Stärken besitzt [TOEP07, S.3ff] [MAGN04, S.1ff] [KAUF02, S.5ff]:

- **Klarheit der Zielsetzung:** Sowohl bei der Konfiguration von Six Sigma als auch bei jedem einzelnen Six Sigma Projekt werden im ersten Schritt der Vorgehensweise die Zielkriterien [PAND02, S.74] eindeutig definiert. Als Zielwert wird dabei das Erreichen eines 6σ -Niveaus festgelegt. Dies bedeutet, dass unter Berücksichtigung der statistischen Verteilung die Standardabweichung \pm sechs Mal zwischen die Spezifikationsgrenzen passen muss. Dies führt zu einer Fehlerrate von weniger als 3,4 Fehlern pro Million Fehlermöglichkeiten (Defects per million opportunities) [BREY00, S.38ff.] [MAGN04, S.7]. Damit ist sichergestellt, dass bei jedem Six Sigma Projekt eine klare Zielsetzung mit einer eindeutigen Bewertung und einem einheitlichen Zielwert vorliegt.
- **Zuverlässigkeit der Ergebnisse:** Das Vorgehen und die Methoden der Six Sigma Methodik führen zu einer systematischen Projektbearbeitung und stellen damit das zuverlässige Erreichen der gewünschten Ergebnisse sicher. Van DRIEL [DRIE07] bestätigt die Ergebnisorientierung wie folgt: „Six Sigma ist aus Sicht des European Six Sigma Club (ESSC) eine systematische und extrem ergebnisorientierte Methodik, die vor allem auf mathematisch-statistischen Verfahren beruht.“ [DRIE07, S.41]. HARRY und SCHROEDER [HARR05, S.15] sehen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse durch die Praxis bekräftigt: „Bis heute hat jedes Unternehmen, das Six Sigma eingeführt hat, seine Gewinnspanne pro Jahr um 20 Prozent für jede Sigmaverschiebung wachsen sehen.“ Auch TÖPFER sieht den Erfolg: „Six Sigma ist praktizierte Null-Fehler-Qualität und bietet [...] ein konkretes, umsetzungsorientiertes Projektmanagement mit hoher Ergebniswirkung“ [TOEP07, S.V].
- **Eindeutig definierte und standardisierte Prozesse:** In der Six Sigma Methodik ist das Vorgehen in Form des DMAIC-Zyklus in eindeutig definierter und standardisierter Form festgelegt. Dabei werden nicht nur die einzelnen Phasen des Projektablaufes festgelegt, sondern auch die notwendigen Methoden bereitgestellt. Der DMAIC-Zyklus ist auf strategischer und operativer Ebene in durchgängiger Form gültig. Die Methodenauswahl erfolgt auf systematische und strukturierte Weise.
- **Ständige Optimierung:** Im DMAIC-Zyklus ist zwar die Phase „Improve“ enthalten, diese bezieht sich jedoch auf eine Verbesserung bzw. Optimierung der Lösungsansätze innerhalb eines Projektes. Eine ständige Optimierung des Vorgehens selbst ist nicht Gegenstand der Six Sigma Methodik.
- **Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse:** Die Six Sigma Methodik unterstützt auf systematische Weise neue Fähigkeiten, Methoden oder Prozesse zu entwickeln. Six Sigma hat hierfür spezielle Methoden unter dem Ansatz Design for Six Sigma (DFSS) zusammengefasst. Analog zur „ständigen Optimierung“ sind diese Methoden vorwiegend zur Lösung von Projektaufgaben und weniger zur Weiterentwicklung des Vorgehensmodells selbst gedacht.

Vergleicht man die Erfüllung der Reifegrad-Kriterien bezüglich des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems mit dem Vorgehensmodell in der Six Sigma Methodik, so zeigt sich, dass die Six Sigma Methodik die Kriterien besser erfüllt und damit einen höheren Reifegrad besitzt. Abbildung 5 verdeutlicht dies anhand des Reifegradmodells.

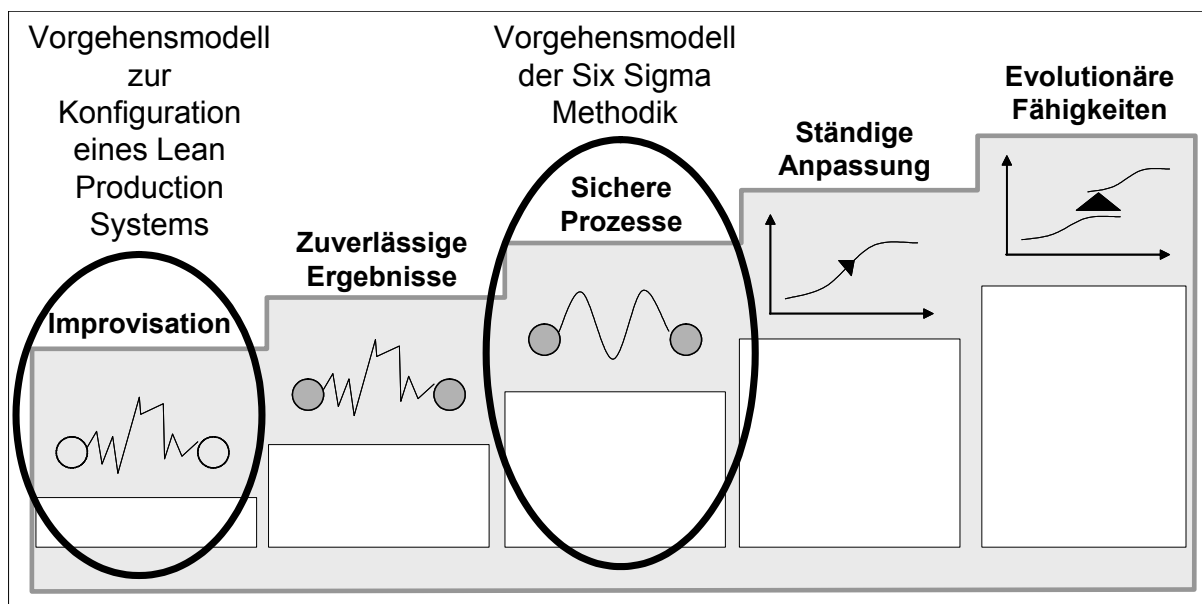


Abbildung 5: Reifegrad im Vergleich

Diese vergleichende Betrachtung führt zu der Annahme, dass die Six Sigma Methodik das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems verbessern kann. Basierend auf diesen Erkenntnissen besteht der Anspruch der Arbeit darin, durch eine Kombination auch im Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems die Stufe der „sicheren Prozesse“ zu erreichen.

1.5 Aufbau der Arbeit

Die folgende Darstellung gibt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit. In Kapitel 2 wird der Stand der Technik untersucht. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht das System zur Bewertung von Vorgehensmodellen nach TÖPFER. Sein Bewertungssystem ermöglicht die Identifikation von Stärken und Schwächen der jeweiligen Vorgehensmodelle. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse werden in Kapitel 3 die Zielsetzung und der Lösungsansatz dieser Arbeit vorgestellt. Die entwickelte Lösung in Form eines systematischen Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems mit Six Sigma Methoden wird in Kapitel 4 ausführlich beschrieben. Die beispielhafte Anwendung der entwickelten Lösung in einem Unternehmen der Automobilzulieferindustrie und die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in Kapitel 5 erläutert. In Kapitel 6 findet eine Erfolgsbewertung der entwickelten Lösung statt. Die Arbeit schließt in Kapitel 7 mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick.

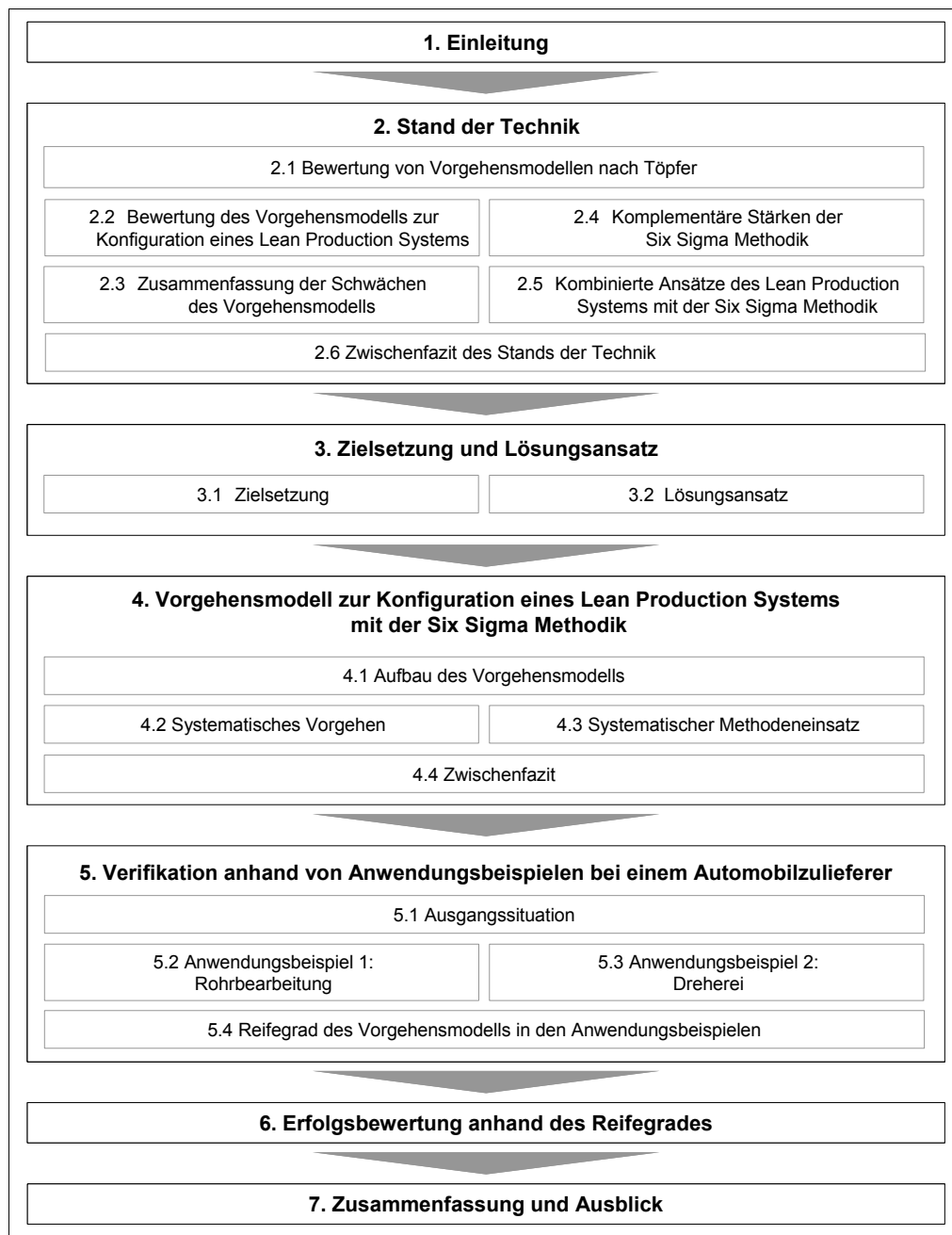


Abbildung 6: Aufbau der Arbeit

2 Stand der Technik

Anhand des Reifegradmodells von BAUMGÄRTNER wurde festgestellt, dass sich das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems derzeit auf der Stufe der „Improvisation“ befindet. Im Folgenden werden die Ursachen für die Situation des schlechten Reifegrades untersucht. In Kapitel 2.1 wird zunächst ein Modell von TÖPFER vorgestellt, das die Bewertung von Stärken und Schwächen eines Vorgehensmodells ermöglicht. Darauf aufbauend erfolgt in Kapitel 2.2 die Bewertung anhand des Modells von TÖPFER. Kapitel 2.3 fasst die identifizierten Schwachstellen zusammen. Die dazu komplementären Stärken der Six Sigma Methodik werden in Kapitel 2.4 erläutert. Bestehende Ansätze, die Methoden aus der Six Sigma Methodik im Vorgehensmodell des Lean Production Systems integrieren, zeigt Kapitel 2.5. Eine abschließende Betrachtung des Stands der Technik bildet die Zusammenfassung in Kapitel 2.6.

2.1 Bewertung von Vorgehensmodellen nach TÖPFER

Als Vorgehensmodelle werden nach TÖPFER Managementansätze [TOEP09, S.25] bezeichnet, die eine systematische und methodengestützte Veränderung bewirken sollen. Im Gegensatz zur Definition eines Vorgehens oder einer Vorgehensweise beschränken sich Vorgehensmodelle nicht auf die Festlegung von Projektschritten (z. B. Problem-Lösungszyklus) sondern erheben den Anspruch ein ganzheitliches Modell für die Veränderungen und Gestaltung eines Systems zu beschreiben [DAEN02, S.29]. Um beurteilen zu können, ob bzw. inwieweit ein Vorgehensmodell die notwendigen Elemente umfasst, wurde von TÖPFER und HUTH ein Bewertungssystem [TOEP09, S.25ff] entwickelt. Anhand dieses Bewertungssystems lässt sich durch eine umfassende, systematische und objektive Analyse feststellen, welche Elemente im Vergleich zu einem vollständigen Vorgehensmodell fehlen. TÖPFER [TOEP09, S.42ff] hat das Bewertungssystem im Umfeld des Lean Production Systems und der Six Sigma Methodik bereits eingesetzt und erprobt. Den Aufbau des Bewertungssystems zeigt Abbildung 7.

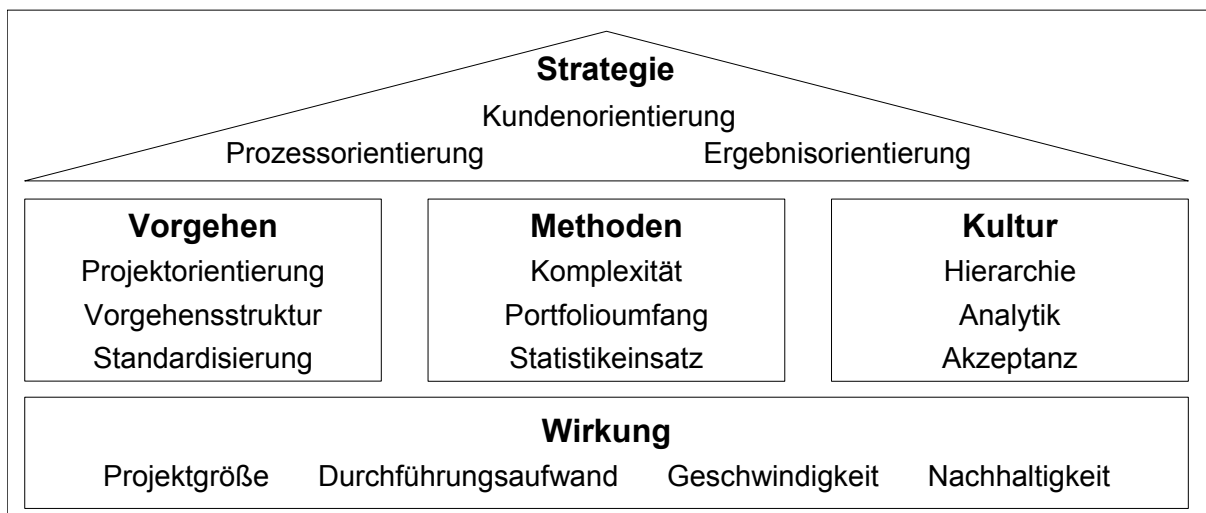


Abbildung 7: Bewertungssystem für Vorgehensmodelle [TOEP09, S.26, nach HUTH07, S.11]

Das Bewertungssystem von TÖPFER [TOEP09, S.25ff] umfasst die Kategorien Strategie, Vorgehen, Methoden, Kultur. Die Kategorie der Wirkung folgt als Ergebnis der vorangegangenen Kategorien.

In der übergeordneten Kategorie **Strategie** werden die Kunden-, Prozess- und Ergebnisorientierung des Ansatzes bewertet. Es wird überprüft, in welchem Maß die Kundenanforderungen in den Projekten und Lösungsansätzen berücksichtigt werden. Bei der Prozessorientierung wird geprüft,

inwieweit der Ansatz das Prozessdenken, sowohl bei Einzelprozessen als auch hinsichtlich der gesamten Prozesslandschaft, einbezieht. Der Grad der Ergebnisorientierung beinhaltet die Festlegung der zu erreichenden Ergebnisse vor Projektstart, die Ausrichtung aller Aktivitäten während der Projektdurchführung auf deren Erfüllung und die Messung der erreichten Ergebnisse nach Abschluss des Projekts [TOEP09, S.26].

In der Kategorie **Vorgehen** unterscheidet TÖPFER die Unterpunkte: Projektorientierung, Vorgehensstruktur und Standardisierung. Durch den Grad der Projektorientierung kommt zum Ausdruck, inwieweit die relevanten Probleme im Rahmen der Projekte gelöst werden. Die Vorgehensstruktur bewertet, ob es eine eindeutige und systematische Definition der Projektphasen gibt. Inwieweit die Aufgaben und Inhalte innerhalb der Projektphasen standardisiert und allgemein gültig festgelegt sind, wird im Rahmen der Standardisierung untersucht.

Die Kategorie **Methoden** umfasst die Kriterien: Komplexität, Portfolioumfang und Statistikeinsatz. Methoden werden als planmäßige und geregelte Verfahren verstanden, um festgelegte Ziele folgerichtig zu erreichen [LEON02, S.33] [LORE95, S.876]. Die Methoden sollten einen unterschiedlichen Grad an Komplexität und damit auch an Komplexitätsbewältigung aufweisen. Der Portfolioumfang definiert sich über die Anzahl der zur Problemanalyse und -lösung einsetzbaren Methoden. Der Statistikeinsatz beschreibt den Umfang und die Durchgängigkeit statistischer Hilfsmittel bei der Problemanalyse und der Ergebnisbewertung.

In der Kategorie **Kultur** werden folgende Kriterien berücksichtigt: Hierarchie, Analytik und Akzeptanz. Durch die Hierarchie wird beschrieben, inwieweit die Verantwortungsbereiche und Rollen festgelegt sind und welchen Grad an Selbstständigkeit die Organisationseinheiten von Führungsebenen haben. Das Kriterium Analytik beschreibt die Analysefähigkeit und -bereitschaft der Mitarbeiter und deren Einstellung gegenüber den oben definierten Vorgehen und Methoden. Die Bereitschaft, in dieser strukturierten und methodengestützten Weise vorzugehen, kennzeichnet die Akzeptanz der Mitarbeiter.

Die abschließende Kategorie der **Wirkung** kann nicht direkt bewertet werden, sondern stellt sich als Ergebnis des angewandten Vorgehensmodells ein. TÖPFER definiert hierfür die Kriterien Projektgröße, Durchführungsaufwand, Geschwindigkeit und Nachhaltigkeit. Die Projektgröße bezieht sich auf die Anzahl involvierter Personen und Ressourcen. Der Aufwand zur Durchführung bemisst sich an den damit verbundenen Kosten. Die Geschwindigkeit, als Maßgröße für die zeitliche Dauer des Projekts, hängt wiederum von der Projektgröße und der dabei notwendigen Zeit zur Analyse des Problems, zur Entwicklung von Lösungsalternativen und zur Implementierung des ausgewählten Verbesserungskonzepts ab. Der Grad der Nachhaltigkeit misst, inwieweit die Lösung langfristig stabil ist, dauerhaft praktiziert wird und zur Performancesteigerung des Unternehmens beiträgt.

2.2 Bewertung des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems

In diesem Kapitel wird die Bewertung des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems anhand des Modells von TÖPFER vorgenommen. Dementsprechend werden die Kategorien Strategie (Kapitel 2.2.1), Vorgehen (Kapitel 2.2.2), Methoden (Kapitel 2.2.3) und Kultur (Kapitel 2.2.4) betrachtet.

2.2.1 Strategie

Kundenorientierung: Die Kundenorientierung ist eine der zentralen strategischen Richtlinien im Lean Production System und grundlegender Bestandteil der Philosophie [LIKE07, S.115]. Als Kunde wird nicht nur der klassische Endverbraucher gesehen, sondern jeder Prozessteilnehmer, der von einem Vorgängerprozess ein Gut oder eine Leistung empfängt. Aus diesem Grund ist jeder Prozess so auszulegen, dass die Bedürfnisse des nachfolgenden Kunden erfüllt werden. Dieses weit reichende Verständnis der Kundenorientierung ist auch für das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production System gültig [TOEP09, S.42] und erfüllt damit die Bewertungsanforderung.

Prozessorientierung: Die traditionelle Weise, in Funktionen zu denken, unterstützt zwar die Bündelung von Kompetenzen in einem Bereich, führt häufig aber zu umständlichen und aufwändigen Prozessabläufen. Bei der Prozessorientierung bildet der notwendige Prozessablauf den zentralen Kern und die Ressourcen werden entsprechend des Ablaufes angeordnet [MAEH95, S.68]. Im Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems soll kein lokales Optimum erzielt werden, sondern eine Verbesserung des gesamten Prozesses. Das Werkzeug der Wertstrom-Analyse ist daher ein wichtiges Hilfsmittel im Vorgehensmodell [TOEP09, S.42]. Die Prozessorientierung wird im Lean Production System somit berücksichtigt.

Ergebnisorientierung: Sowohl OHNO als auch SHINGO sind sich darin einig, dass „[...] die Grundlage dieses Systems das totale Vermeiden von Verschwendung“ [OHNO93, S.30] [SHIN92, S.37] ist. Von verschiedenen Autoren wird dieses Zielsystem durch die Kriterien der Unausgeglichenheit (Mura) und Überbelastung (Muri) [OHNO93, S.69] [LIKE07, S.171] [TRAE94, S.23] ergänzt. Im Folgenden werden die einzelnen Zielkriterien erläutert und unter dem Gesamtbegriff „Vermeidung von Verschwendung“ zusammengefasst.

- 1. Überproduktion:** Überproduktion stellt die schlimmste Art der Verschwendung dar, da sie als Konsequenz weitere Verschwendungen verursacht [TAKE96, S.98] [TRAE94, S.24]. Man unterscheidet die mengenmäßige (Produktion mehr als benötigt) von der zeitlichen Überproduktion (Fertigstellung früher als benötigt) [SHIN92, S.38].
- 2. Verzögerungen:** Verzögerungen stehen der Verschwendung durch Überproduktion gegenüber und können mengenmäßig (Produktion von weniger als benötigt) und zeitlich (Fertigstellung später als benötigt) auftreten.
- 3. Transportbewegungen:** Transportbewegungen sind nicht wertsteigernd und stellen damit immer eine Verschwendung dar. Die Vermeidung dieser steht daher vor der Optimierung des Transportmittels [SHIN92, S.162].
- 4. Bearbeitungen:** Obwohl die Bearbeitung oder Montage im Produktionsprozess die eigentlich wertschöpfende Tätigkeit darstellt, kann auch diese ein Art der Verschwendung beinhalten. Es wird zwischen overprocessing (Bearbeitung erfolgt aufwändiger oder präziser, als es laut Kundenanforderung notwendig ist), incorrect processing (Verrichtung unnötige Prozessschritte oder Anwendung der falschen Technologie) und inefficient processing (Technologie wird nicht optimal eingesetzt) unterschieden.

5. Lagerbestände: Lagerbestände sind nicht wertschöpfend und führen einerseits zu höheren Kosten und zu einem erhöhten Bestandsrisiko, andererseits verdecken Lagerbestände meist grundlegende Probleme [DUNK08, S.20].

6. Bewegungsabläufe: Jegliche Art von Bewegung, die die Mitarbeiter während der Arbeit verrichten müssen und die keine direkte Wertschöpfung darstellt, ist Verschwendung.

7. Fehlerhafte Produkte: Fehlerhafte Produkte, die intern erkannt werden, führen zu Verschwendung durch Verschrottung, Nacharbeit oder 100%-Kontrolle [SHIN92, S.161]. Am schlimmsten sind nicht erkannte, fehlerhafte Produkte, da sie das übergeordnete Ziel der Kundenzufriedenheit (s. Kapitel 2.2.1) verletzen.

8. Unausgeglichenheit: Starke Schwankungen führen sowohl bei einzelnen Prozessschritten (mangelhafte Synchronisation) als auch im Gesamtsystem (schwankende Auftragsmenge, chaotischer Produktmix) zu Unausgeglichenheit. Daraus folgt eine Überbelastung der Mitarbeiter, eine Ineffizienz bei der Kapazitätsauslegung (Ressourcen sind für das größte Produktionsvolumen auszulegen) und eine Zunahme bei anderen Verschwendungsarten (Überproduktion, Bestände, etc.) [LIKE07, S.171].

9. Überbelastung: Überbelastung kann permanent auftreten (zu geringe Kapazitätsauslegung) oder ein Ergebnis von Unausgeglichenheit sein. Bei Überbelastung werden Anlagen oder Mitarbeiter über die normalen Limits hinaus beansprucht. Es folgen Sicherheits- und Qualitätsprobleme, ein hoher Krankenstand, häufige Maschinenausfälle und erhöhter Ausschuss.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass alle drei Bewertungskriterien des Bewertungsmodells von TÖPFER in der Kategorie „Strategie“ erfüllt werden. Bei dem Unterkriterium der Ergebnisorientierung fällt auf, dass die Zielkriterien nur qualitativ beschrieben sind und nicht auf mathematisch definierte Weise ermittelt werden können. Eine detaillierte Betrachtung dieses Aspekts folgt in Kapitel 2.2.3.

2.2.2 Vorgehen

Projektorientierung: Je nach Umfang und Handlungsebene lassen sich die Projekte im Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems in zwei Kategorien einteilen. Auf strategischer Ebene und mit größtem Aufwand verbunden steht die Gestaltung des gesamten Lean Systems. Daraus ergeben sich in der Regel Unterprojekte, die auf operativer Ebene in Form von Kleinprojekten bzw. Workshops umgesetzt werden. Auf beiden Ebenen ist eine Projektorientierung gegeben, da Projektdauer, -ziel und -umfang in der Regel klar definiert sind.

Vorgehensstruktur: Im Mittelpunkt dieser Betrachtung steht, in wie weit die Vorgehensstruktur für die genannten strategischen und operativen Projektebenen durchgängig definiert und systematisch aufgebaut sind. Im Zusammenhang mit der Konfiguration eines Lean Production System wird als Vorgehensstruktur meist der PDCA-Zyklus von DEMING [DEMI86] genannt. Dieser Zyklus besteht aus einem vierphasigen Optimierungsprozess [OELT00, S.62]. Der Zyklus empfiehlt nach der Planung einer Problemlösung (Plan), die Anwendung der Maßnahmen (Do) und sieht anschließend eine Verifizierung der erzielten Ergebnisse (Check) vor. Bei Erfolg schließt der Zyklus mit einer langfristigen Einführung und Standardisierung oder einer Korrekturmaßnahme (Act) ab (s. Abbildung 8) [BICH02, S.30]. Der PDCA-Zyklus wird im Lean Production System meist als Vorgehensstruktur auf operativer Ebene empfohlen und eingesetzt, z. B. Problemlösung, Durchführung von Verbesserungsworkshops. Für den Einsatz auf strategischer Ebene fehlt dem handlungsorientierten PDCA-Zyklus insbesondere auf der Ebene der Planung die notwendige systematische Detaillierung.

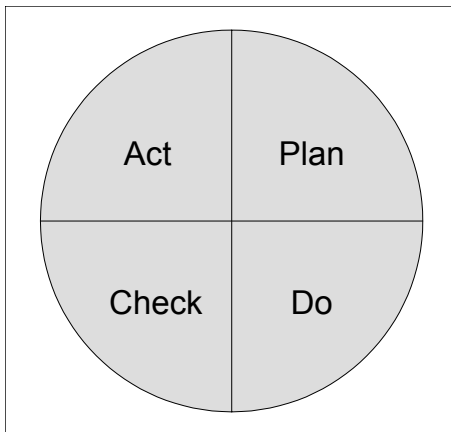


Abbildung 8: PDCA-Zyklus

Neben der operativ orientierten Vorgehensstruktur des PDCA-Zyklus wurden zur Konfiguration des Lean Production Systems weitere Vorgehen entwickelt, die mit unterschiedlichem Schwerpunkt auch die strategische Ebene berücksichtigen. KORG [KORG08] beschreibt einen Lösungsansatz, der im Forschungsprojekt IMPROVE konzipiert wurde und als „wachsende Implementierung“ [KORG08, S.169] bezeichnet wird. Dieses Vorgehen unterscheidet zwischen einer strategische Ausrichtung in Form eines „Entwicklungskompasses“ [KORG08, S.170f] und einer operative Implementierung [KORG08, S.177ff], die als „weiße Felder suchen und schließen“ bezeichnet wird. WILDEMANN [WILD06, S.546ff] und BAUMGÄRTNER [BAUM06] nutzen ein Reifegradmodell [BAUM06, S.122ff] in Verbindung mit Systemtypen [BAUM06, S.143ff], um daraus eine strategische Zielkonfiguration [BAUM06, S.223] des Produktionssystems vorzunehmen. OELTJENBRUNS [OELT00] entwickelte in seiner Dissertationsarbeit ein Phasenmodell, das die Konfiguration eines Produktionssystems in sieben sequentiellen Schritten [OELT00, S.181f.] auf strategischer Ebene beschreibt. REINER [REIN09] ist der Auffassung, dass die Transformation zu einem nachhaltigen Lean Production System insbesondere durch die Kompetenz der Mitarbeiter bestimmt ist. Den Schwerpunkt seiner Vorgehensstruktur bildet daher die Qualifikation der Mitarbeiter und die strategisch orientierte Gestaltung der Organisationsstruktur [REIN09, S.40ff]. Die Ausführungen zeigen, dass im Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems in Abhängigkeit der Aufgabe und des Betrachtungsschwerpunktes unterschiedliche Vorgehensstrukturen gewählt werden. Eine auf operativer und strategischer Ebene systematische und durchgängig definierte Vorgehensstruktur fehlt bisher.

Standardisierung: Grundsätzlich ist das Thema „Standardisierung“ eine zentrale Methode (s. a. Kapitel 1.1.2) des Lean Production Systems, z. B. Standardisierung von Abläufen und Arbeitsinhalten [LIKE07, S.205ff]. Im Rahmen des Vorgehensmodells bezieht sich die Bewertung jedoch auf die standardisierte Bereitstellung der notwendigen Inhalte und passenden Planungsmethoden in den einzelnen Phasen einer Vorgehensstruktur. Diese Form der Standardisierung wird im Lean Production System nur innerhalb einzelner Methoden, z. B. Stufen von 5S [LEIK04], Rüstzeitreduzierung mit SMED [SHIN92, S.79] angeboten. Eine Standardisierung der Planungsmethoden in allen Phasen einer Vorgehensstruktur sieht das Lean Production System bisher nicht vor.

Als Ergebnis der Bewertung der Kategorie „Vorgehen“ zeigt sich, dass bei der Konfiguration des Lean Production Systems zwar die Projektorientierung gegeben ist, im Bereich der Vorgehensstruktur und der Standardisierung jedoch Schwächen festzustellen sind. Es mangelt an einer durchgängigen und systematischen Vorgehensstruktur und an einer Standardisierung der Planungsmethoden in den Projektphasen.

2.2.3 Methoden

Komplexität: Wie die nachfolgende Beschreibung des Portfoliumfangs zeigt, umfasst das Lean Production System eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden. Entsprechend breit gefächert ist sowohl die Komplexität der Methoden als auch die Komplexität des zu bewältigenden Problems, z. B. 5-S im Vergleich zur Produktionsplanung und –steuerung. Grundsätzlich hat das Lean Production System den Anspruch auch komplexe Sachverhalte durch einfache, nachvollziehbare und handhabbare Methoden [TOEP09, S.42] zu bewältigen, wie z. B. Materialversorgung mittels Kanban.

Portfoliumfang: Das Lean Production System ist nicht nur Gegenstand zahlreicher Veröffentlichungen, sondern wird auch in vielen Unternehmen praktiziert und adaptiert. Entsprechend vielfältig sind die Darstellungsformen und Methodenumfänge zur Gestaltung eines Lean Production Systems [DAH09, S.54] [DICK07, S.31] [DITT08, S.7] [GUEN09, S.117] [JUGU08, S.55] [MAEH95, S.18ff] [MOES06, S.5] [OELT00, S.65] [OHNO93, S.6] [SCHO03, S.53ff] [SPAT03, S.128] [THOM06, S.5] [TOEP09, S.36]. Einen Überblick über die Methodenumfänge verschiedener Lean Production Ansätze bieten die vergleichenden Matrizen von OELTJENBRUNS [OELT00, S.147] und PFEIL [PFEI09, S.124f]. BAUMGÄRTNER [BAUM06, S.79] hat eine zusammenfassende Darstellung entwickelt, die die gebräuchlichsten Methoden in einem Lean Production System abbildet und diese in fünf Handlungsfelder gliedert.

Bearbeitungs-system	Materialfluss-system	Personal- und Organisations-system	Planungs- und Steuerungs-system	Qualitäts-system
<ul style="list-style-type: none"> • Fertigungsinsel • U-Layout • Schnelles Rüsten • Single Minute Exchange of Die • Qualitätsalarm • Jidoka, Autonomation • Total Productive Maintenance • Poke Yoke • Ein-Punkt-Schulungen • Standardisierte Einrichtungen • Festgelegte Wartungsrhythmen • Andon-Boards • Optische und akustische Signale • Reißleine • Farbliche Kennzeichnungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsnivellierung und -glättung • Produktion in Taktzeit • Sequenzielle Reihenfolge • One-Piece-Flow • Produktionsorientiertes Layout • Isolierte Insel • First in First out • Kleine Ladungsträger • Kommissionierstation • Kanban-Supermarkt • Golfballsystem • Innerbetrieblicher Routenverkehr (Milkrun) • Direktbelieferung an die Linie • Standardisierter Materialbestand 	<ul style="list-style-type: none"> • Mini-Factory • Gruppenarbeit • Job-Rotation • Qualifizierungsmatrix • Flexible Arbeitszeitmodelle • Entgeltsysteme • Lerninseln • Info-Wände • Leistungsstandards • Zielvereinbarungen • Krankenrückkehrgespräche • Qualitätszirkel • Problemlösungsprozess • Standardisierte Schichtübergabe • Standardisierte Abläufe • 5A, 5S-Methode • Kennzeichnung und Beschriftung • Einsehbare Arbeitszonen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kennzahlentafeln • Kosten-Stellentafeln • Auditierung • Prozess-FMEA • Prüfmittelüberwachung • Sieben Arten der Verschwendung • 10 Grundregeln des KVP • Mitarbeitergetragener KVP • KVP-Workshop • KVP-Lösungsblatt • KVP-Werkstatt • Problemspeicher • Die „Fünf-Warums“ • Vor-Ort-Messungen • 5W2H-Methode • PTCA-Zyklus • Grafische Ablaufanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätsregelkreise • Qualitätszirkel • Problemlösungsprozess • 8-D Methode • Fehlersammelliste • Histogramm • Qualitätsregelkarte • Pareto-Analyse • Korrelationsdiagramm • Ursache-Wirkungs-Diagramm • Fluss-Diagramm • Stratifizierung • Grenzmuster • Qualitätsalarm • Qualitätsfähigkeitskennzahlen • Prüfmittelüberwachung • Qualitätsvereinbarungen

Abbildung 9: Methoden in Lean Production Systemen [BAUM06, S.79]

Für eine vertiefende Betrachtung der einzelnen Methoden wird die Literatur von MONDEN [MOND03], SHINGEO [SHIN92], LIKER [LIKE04], OELTJENBRUNS [OELT00], ROTHER [ROTH04], SMALLEY [SMAL05], DICKMANN [DICK07] und PFEIL [PFEI09] empfohlen. Für ein einheitliches Verständnis sind im Anhang (s. Kapitel 9.2) die im Verlauf der Arbeit verwendeten Methoden erläutert. Die Erläuterung zum Portfoliumfang zeigen, dass das Lean Production System eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden zur Lösung verschiedener produktionsnaher Probleme bereithält. Über diese reine Methodensammlung hinaus, ist es im Vorgehen zur Konfiguration eines Lean Production Systems besonders wichtig, die im Einzelfall notwendigen Methoden zielorientiert auswählen und

anwenden zu können. Zur Auswahl der passenden Methoden bietet das Vorgehensmodell bisher nur eingeschränkt Lösungsansätze an. PFEIL [PFEI09] versucht durch einen Controlling-orientierten Ansatz mittels Matrixverknüpfungen von Kennzahlen, Erfolgsfaktoren und Lean Prinzipien [PFEI09, S.126ff] [PFEI09, S.248ff] Wirkzusammenhänge zu erkennen und die Auswirkungen von Lean Maßnahmen [PFEI09, S.223] zu bewerten. Die deutsche MTM-Vereinigung hat eine hierarchische Struktur entwickelt, die es ermöglicht, ausgehend von einem unternehmensspezifischen Zielsystem, die relevanten Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeuge abzuleiten [MTM09, S.27]. Im Forschungsprojekt „IMPROVE“ werden durch „Beziehungslandkarten“ die Wirkzusammenhänge und Vernetzung zwischen den einzelnen Methoden und den Zielgrößen beschrieben [LAY08, S.18]. Im Forschungsprojekt „HyPlan“ wurde ein Excel-Werkzeug zur Methodenauswahl geschaffen, in dem ausgehend vom Optimierungsziel die theoretisch passenden Methoden ausgewählt werden [SPAT11, S.415]. In den beschriebenen Lösungsansätzen werden die Abhängigkeiten zwischen Zielen und Methoden genutzt, um die theoretisch sinnvollsten Lean-Methoden auszuwählen. Der bereits vorhandene Umsetzungsgrad und die daraus resultierende Notwendigkeit einer Maßnahme bleibt unberücksichtigt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Vorgehensmodell grundsätzlich ein umfassendes Methodenportfolio anbietet. Lediglich die Strukturierung und systematische Auswahl der im jeweiligen Anwendungsfall passenden Methoden, um den größten möglichen Nutzen in Bezug auf das Zielsystem zu erreichen, findet im Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems bisher keine Berücksichtigung.

Statistikeinsatz: Der Einsatz von Statistik findet im Lean Production System vorrangig im Qualitätswesen Berücksichtigung. Der Einfluss von DEMING und seiner „Theory of Variation“ [LATZ95, S.33] führte beispielsweise zu einer intensiven Betrachtung der statistischen Zusammenhänge in Prozessen. Die statistischen Hilfsmittel im Lean Production System fassen manche Autoren zu den „sieben Qualitätswerkzeugen“ [BICH02, S.36] [BRUN08, S.13] zusammen, wie z. B. Pareto Diagramm, SPC-Prüfung [MOND98, S.223]. Betrachtet man jedoch den Statistikeinsatz in Bezug auf das Vorgehen, wie TÖPFER es in seinem Bewertungssystem fordert, so zeigt sich, dass dieser im Lean Production System nicht verankert ist. Bereits bei der Bewertung der „Ergebnisorientierung“ (s. Kapitel 2.2.1) zeigt sich, dass das Lean-Zielsystem nur in qualitativer Form ermittelt werden kann. Eine statistische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht vorgesehen.

Die Zusammenfassung der Bewertung in der Kategorie „Methoden“ zeigt, dass das Lean Production System ein großes, lösungsorientiertes Methodenportfolio aufweist. Dem Vorgehensmodell fehlen jedoch weitere Methoden zur Strukturierung und systematischen Auswahl der geeigneten Methoden und eine Möglichkeit zur statistischen Bewertung des Zielsystems.

2.2.4 Kultur

Hierarchie: In einem Lean Production System wird eine flache aber klare hierarchische Unternehmensstruktur [TRAE94, S.57] [MAEH95, S.20] angestrebt. Diese Hierarchie, die vom Werker über den Team- und Gruppenleiter zum oberen Management besteht [REIN09, S.27], soll kurze Entscheidungswege und eine schnelle Umsetzung sicherstellen. Neben dieser organisationsbedingten Hierarchie wird im Vorgehensmodell zur Konfiguration von Lean Production Systemen Wert auf eine Zusammenarbeit in Form interdisziplinärer Gruppen [WILD10, S.140ff] gelegt, um eine möglichst umfassende Betrachtung sicherstellen zu können.

Analytik: Im Lean Production System gilt die Grundeinstellung, dass Entscheidungen nur nach sorgfältiger Analyse einer zuverlässigen Datenbasis und einer Untersuchung aller Fakten getroffen werden [LIKE07, S.333ff]. Dieses Prinzip bezeichnet man als „Nemawashi“. In diesem Zusammenhang wird häufig die 5W-Methode [LIKE07, S.340] und der oben erwähnte PDCA-Zyklus als Werkzeuge bzw. Vorgehen genannt. Neben der analytischen Vorgehensweise spielt im Lean Production System der Ansatz der kontinuierlichen Verbesserung „Kaizen“ eine wichtige Rolle

[WEST05, S.224]. Dieser Ansatz ist weniger analytisch getrieben, als vielmehr eine japanische Geisteshaltung, wonach die Dinge niemals als optimal und statisch betrachtet werden, sondern stets Möglichkeiten für weitere Verbesserungen bestehen [TRAE94, S.5]. Dabei stehen grundlegende Erneuerungen (Innovationen) nicht im Widerspruch zu Kaizen, sondern ergänzen diese. Das Stufenmodell von IMAI [IMAI96, S.51] ist die wohl bekannteste Darstellungsform dieser Geisteshaltung, wonach eine ständige Veränderung und Verbesserung nicht nur akzeptiert, sondern sogar gefordert wird.

Akzeptanz: Abgesehen von einer kulturellen Grundeinstellung, die dieser japanisch geprägte Ansatz fordert, beinhaltet das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems die Elemente „Respekt vor den Menschen“ und „Genchi-Genbutsu“, um die Akzeptanz für die Veränderungen und Verbesserungen zu unterstützen:

- Respekt vor den Menschen: LIKER [LIKE07, S.10] betrachtet den „Respekt vor den Menschen“ als eines der wichtigsten Elemente für die Veränderung eines Produktionssystems. Demnach kann eine kontinuierliche Verbesserung nur in einer Atmosphäre gelingen in der kontinuierliches Lernen nicht nur akzeptiert, sondern gefördert wird. Eine solche Umgebung entsteht nur dort, wo Menschen respektiert werden.
- Genchi-Genbutsu („Problem vor Ort lösen“): Toyota geht von der These aus, dass Probleme, die in der Produktion bestehen, auch nur dort gelöst werden können. Die Philosophie fordert daher, unmittelbar an den Ort des Geschehens zu gehen, um die Probleme direkt vor Ort zu sehen, zu verstehen und zu lösen und nicht auf theoretischem Wege von einem entfernten Schreibtisch aus.

Eine zusammenfassende Betrachtung der Bewertung der Kategorie „Kultur“ zeigt, dass im Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems die Kriterien Hierarchie, Analytik und Akzeptanz erfüllt sind.

2.3 Zusammenfassung der Schwächen des Vorgehensmodells

Die Schwächen des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems, die sich anhand des Bewertungssystems von TÖPFER ergeben, werden im Folgenden zusammengefasst und präzisiert.

Vorgehen

- **Vorgehensstruktur:** Im Vorgehen existiert bisher keine Vorgehensstruktur, die dem Projektbearbeiter die Phasen zur Konfiguration eines Lean Production Systems sowohl auf strategischer als auch auf operativer Ebene durchgängig und systematisch vorgibt.

Ergebnis: Keine systematische und durchgängige Vorgehensstruktur

- **Standardisierung:** In Zusammenhang mit der fehlenden einheitlichen Vorgehensstruktur mangelt es dem Lean Production Systems an einer Standardisierung der notwendigen Inhalte und passenden Planungsmethoden in den einzelnen Projektphasen.

Ergebnis: Keine Standardisierung der Planungsmethoden in den Projektphasen

Methoden:

- **Portfolioumfang:** Das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems beinhaltet keine Hilfsmittel zur Strukturierung und systematischen Auswahl der geeigneten Lean-Methoden für den jeweiligen Anwendungsfall.

Ergebnis: Wenig systematische Lean-Methodenauswahl

- **Statistikeinsatz:** Im Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems gibt es kein statistisches Hilfsmittel, das eine eindeutige (mathematisch eindeutig beschrieben), einheitliche (identische Bewertungseinheit) und vergleichbare (intern und extern) Bewertung des Lean-Zielsystems (Vermeidung von Verschwendung) ermöglicht.

Ergebnis: Keine statistische Bewertung des Lean-Zielsystems

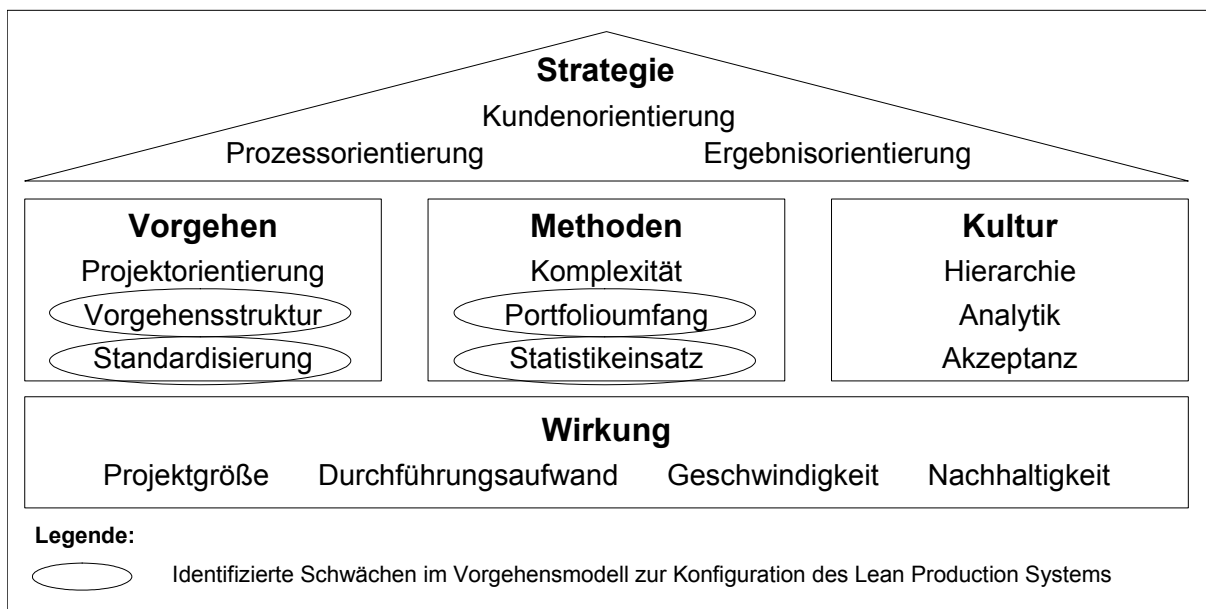


Abbildung 10: Schwächen des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems

Abbildung 10 visualisiert die Schwächen im Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems, die nach dem Bewertungssystem von TÖPFER identifiziert wurden.

2.4 Komplementäre Stärken der Six Sigma Methodik

Six Sigma wurde in den 80-er Jahren bei Motorola entwickelt, um die Qualität zu verbessern und damit die Qualitätskosten zu senken. Weitere Firmen, die dieser Methodik folgten, wie z. B. General Electric (GE), Allied Signal und Lockheed Martin, berichteten ebenfalls von Einsparungen in Millionenhöhe durch die Einführung von Six Sigma [HARR05, S.9ff]. Der Bekanntheitsgrad von Six Sigma wurde unter anderem durch JACK WELCH (CEO von GE) gesteigert, der Six Sigma als „die wichtigste Initiative, die GE jemals angestoßen hatte“ beschreibt [HARR05, S.9]. Der Begriff „Six Sigma“ deutet die Nähe zur Statistik, bzw. der Streuung von Prozessen an. Das zentrale Ziel von Six Sigma besteht darin, die Qualität und die Prozesse so weit zu verbessern, dass die Ausschussquote weniger als 3,4 DPMO (Defects per million Opportunities) beträgt. Six Sigma beinhaltet jedoch nicht nur eine statistischen Bewertung, sondern stellt eine umfassende Methodik zur Verbesserung im Sinne einer systematischen Projektarbeit dar. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Elemente der Six Sigma Methodik, die zu den identifizierten Schwächen des Vorgehensmodells zur Konfiguration des Lean Production Systems Lösungen anbieten. Die Gliederung orientiert sich an dem Bewertungssystem von TÖPFER und umfasst die Vorgehensstruktur in Form des DMAIC-Zyklus (Kapitel 2.4.1), die Standardisierung innerhalb der einzelnen Projektschritte (Kapitel 2.4.2), die statistische Bewertung mit 6 σ als Zielwert (Kapitel 2.4.3) und das Methodenportfolio (Kapitel 2.4.4).

2.4.1 Vorgehensstruktur: DMAIC-Zyklus

Mit dem DMAIC-Zyklus stellt die Six Sigma Methodik eine ausgereifte Vorgehensstruktur zur Verfügung. Der DMAIC-Zyklus ist in der Six Sigma Methodik für alle Projektgrößen und –arten in gleicher Form aufgebaut. Er besteht aus den fünf Schritten **Define**, **Measure**, **Analyse**, **Improve**, **Control**, wobei die jeweiligen Anfangsbuchstaben dieser Schritte den Namen des Zyklus ergeben (s. Abbildung 11). Die aufeinander aufbauenden Schritte werden in der Six Sigma Terminologie als „Phasen“ bezeichnet. Im Gegensatz zu den vorgestellten Vorgehensstrukturen im Lean Production System hat der DMAIC-Zyklus folgende Vorteile:

- **Systematik:** Im Gegensatz zum PDCA-Zyklus besteht die „Plan“ Phase beim DMAIC-Zyklus aus den drei Phasen „Define“, „Measure“ und „Analyse“ [BICH02, S.5]. Damit werden eine stärkere Projektorientierung und eine Fokussierung auf gemessenen Zahlen, Daten und Fakten erreicht.
- **Einheitlichkeit:** Im Gegensatz zu unterschiedlichen Vorgehensweisen auf strategischer und operativer Ebene ist der PDCA-Zyklus in allen Projektarten einheitlich anwendbar.

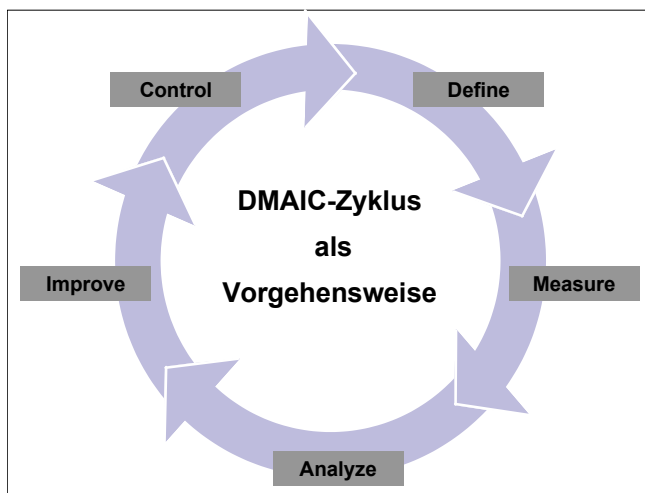


Abbildung 11: Vorgehensstruktur in Form des DMAIC-Zyklus

Die Inhalte der einzelnen Phasen lassen sich wie folgt beschreiben:

Define (Definieren)

Zunächst erfolgt in der Define Phase die Projektauswahl, wobei sowohl die Unternehmensziele als auch die Kundenbedürfnisse Berücksichtigung finden [HARR05, S.132ff]. Darauf aufbauend wird der Projektzweck, -inhalt und -umfang festgelegt, ein messbares Zielsystem definiert und ein Zeitplan für das Projekt entwickelt [KAUF02, S.5] [LUNA06, S.9]. Als Kernelement betrachtet die Six Sigma Methodik in diesem Schritt auch eine fundierte Zusammenstellung des Teams. Das Projekt sollte von speziell ausgebildeten Six Sigma Experten geleitet werden, die je nach Ausbildungsstufe als Green Belts, Black Belts, Mast Black Belts und Champions [PYZD03, S.40f] bezeichnet werden. Weiterhin erfolgt eine erste Betrachtung des zu verbessernden Prozesses und eine Identifikation der Kundenwünsche.

Measure (Messen)

Die Six Sigma Methodik fordert, dass nachfolgende Ursachenanalysen und Veränderungen nur auf Basis von Zahlen, Daten und Fakten erfolgen dürfen. Um dies zu gewährleisten, besteht in dieser Phase die Aufgabe darin, die notwendigen Daten der aktuellen Situation aufzunehmen [KAUF02, S.6]. Für eine effiziente und effektive Datenaufnahme wird im Vorfeld genau analysiert, welche Daten in welcher Form notwendig sind, wie diese generiert werden können und wie eine aussagekräftige Auswertung erzeugt werden kann. Anhand dieser Vorgaben erfolgt die tatsächliche Datenaufnahme in dieser Phase.

Analyze (Analysieren)

In der Analyze Phase besteht die Aufgabe darin, die tatsächlichen Ursachen des Problems zu identifizieren. Die Grundlage dafür bildet eine Analyse der Daten aus der Measure Phase. Je nach Komplexität des Problems und der sich ergebenden Erkenntnisse müssen weitere Detailmessungen vorgenommen werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Richtigkeit möglicher Ursachen überprüft werden soll [KAUF02, S.6]. Die Six Sigma Methodik setzt bei der Analyse auf ein systematisches und statistikorientiertes Vorgehen, wofür verschiedene mathematische Hilfsmittel zur Verfügung stehen.

Improve (Verbessern)

Nachdem die tatsächliche Ursache ermittelt wurde, besteht die Aufgabe der Improve Phase darin, diese durch eine wirksame Verbesserungsmaßnahme zu beseitigen. Es empfiehlt sich, zunächst mehrere Lösungsalternativen zu entwickeln und anschließend die effizienteste und effektivste Lösung auszuwählen. Durch dieses Vorgehen wird ein größeres Kreativitätspotenzial genutzt und meist werden damit bessere Lösungen entwickelt. Weiterhin erfolgt in dieser Phase die Umsetzung der Lösung und das Einsetzen und Testen im Anwendungsbeispiel. Letztlich stellt diese Phase den Kern der tatsächlichen Verbesserung dar.

Control (Kontrollieren)

Im letzten Schritt gilt es, die Wirksamkeit der implementierten Lösungen zu überprüfen. Bei unzureichender Verbesserung muss in Abhängigkeit von den Ergebnissen der DMAIC-Zyklus ganz oder abschnittsweise wiederholt werden. Sofern die implementierte Lösung das Problem behoben hat, besteht der Folgeschritt darin, sie durch Standardisierung zu stabilisieren und langfristig zu erhalten. Weiterhin sollen die Ergebnisse der Verbesserung im Rahmen der Control Phase bewertet und den Prozessbeteiligten vorgestellt werden. Der Erfolg des Projektes wird damit für alle transparent. Darüber hinaus besteht die Aufgabe der Control Phase darin, Möglichkeiten für weitere kontinuierliche Verbesserungen aufgezeigt, bzw. Empfehlungen zur Übertragung auf andere Projekte gegeben werden.

2.4.2 Standardisierung im Vorgehen

Nach TÖPFER sollte ein Vorgehen in den einzelnen Projektphasen standardisiert sein. Wie diese Standardisierung in der Six Sigma Methodik erzielt wird, beschreibt das nachfolgende Kapitel zunächst aus konzeptioneller Sicht und anschließend anhand des Beispiels der Define Phase. In der Six Sigma Methodik erfolgt die Standardisierung konzeptionell durch eine definierte Zuordnung des Methodenportfolios (s. Kapitel 2.4.4) zu den einzelnen Phasen des DMAIC-Zyklus [LUNA06, S.17ff] [PAND03, S.71ff] [PYZD03, S.240] [BROE04, S.46ff] [KAUF02, S.1f]. Abbildung 12 visualisiert diese Standardisierung für die gebräuchlichsten Methoden KAUFMANN [KAUF02, S.7].

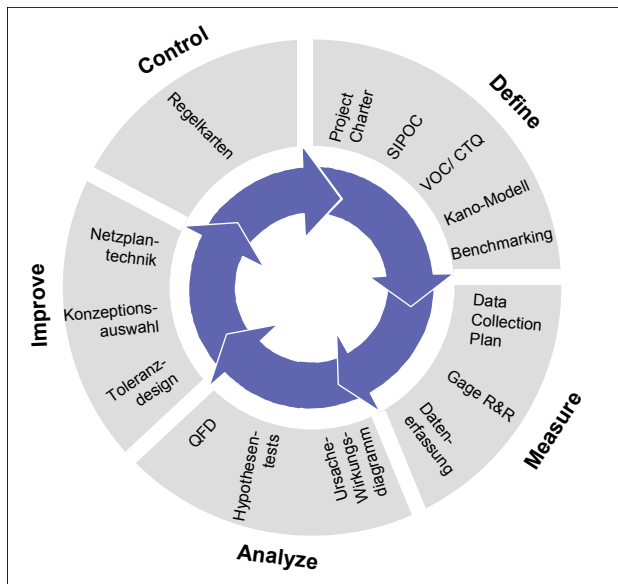


Abbildung 12: Zuordnung der Six Sigma Methoden zu den Projektphasen des DMAIC-Zyklus

Diese Zuordnung führt dazu, dass den Projektbearbeitern stets die passenden Methoden im jeweiligen Projektstatus vorgegeben werden. Allgemein betrachtet, wird damit eine projektunabhängige Standardisierung des Projektablaufs innerhalb der einzelnen Phasen erreicht. Diese Art der Standardisierung wird im Folgenden anhand der Define Phase exemplarisch erläutert. Die Define Phase beginnt mit einer Projektdefinition mittels der so genannten „Project Charter“ (s. Kapitel 2.4.4.1). Darauf aufbauend erfolgt die Aufnahme des Prozessablaufs mit der SIPOC-Methode (s. Kapitel 2.4.4.2). Zur Kenntnis und Erfüllung der Kundenwünsche in dem Projekt dient die nachfolgend VOC/CTQ Methode (s. Kapitel 2.4.4.3). Um das Marktumfeld noch genauer zu untersuchen, empfehlen PANDE [PAND03, S.90], KAUFMANN [KAUF02, S.7] und TÖPFER [TOEP07, S.82] das Kano-Modell und PYZDEK [PYZD03, S.240] das Benchmarking als ergänzende Methoden (s. Abbildung 12). LUNA [LUNA06, S.18], PANDE [PAND03, S.74ff], PYZDEK [PYZD03, S.240], KAUFMANN [KAUF02, S.7], BROECHELER [BROE04, S.47ff] und TÖPFER [TOEP07, S.80f] sind sich einig, dass diese Standardisierung im Vorgehen dazu führt, dass das Projekt eindeutig definiert ist, die Zielvorgaben formuliert sind, das Projektteam zusammengestellt ist, der Zeitrahmen festgelegt ist und das Projektteam eine einheitliche Kenntnis vom Prozess und den Kundenwünschen besitzt. Als Ergebnis der Standardisierung im Vorgehen können folgende Vorteile festgehalten werden:

- Standardisiertes Vorgehen innerhalb der Phasen bei jedem Projekt
- Sicherstellung der erwarteten und notwendigen Ergebnisse am Ende jeder Phase
- Einheitliche Dokumentation der Ergebnisse und Vergleichbarkeit der Projekte
- Effizientes Arbeiten für das Projektteam, durch die Methodenvorgabe

2.4.3 Statistikeinsatz: 6σ

Bereits die Namensgebung der Six Sigma Methodik weist auf ein Kernelement hin, nämlich die konsequente Bewertung von Produkten und Prozessen mit statistischen Methoden mit dem Ziel, die Anforderung mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 6 σ zu erfüllen. Rein mathematisch bedeutet dies, dass die Standardabweichung (σ) ± sechs Mal zwischen die Spezifikationsgrenzen (Upper Specification Limit (USL) = obere Spezifikation und Lower Specification Limit (LSL) = untere Spezifikation) passt. Mit Hilfe dieser statistischen Betrachtung soll ein Qualitätsniveau von 99,99966% erreicht werden. Dies entspricht einer Fehlerrate von 3,4 Fehlern pro einer Million Fehlermöglichkeiten (Defects Per Million Opportunities = DPMO) [LUNA06, S.7].

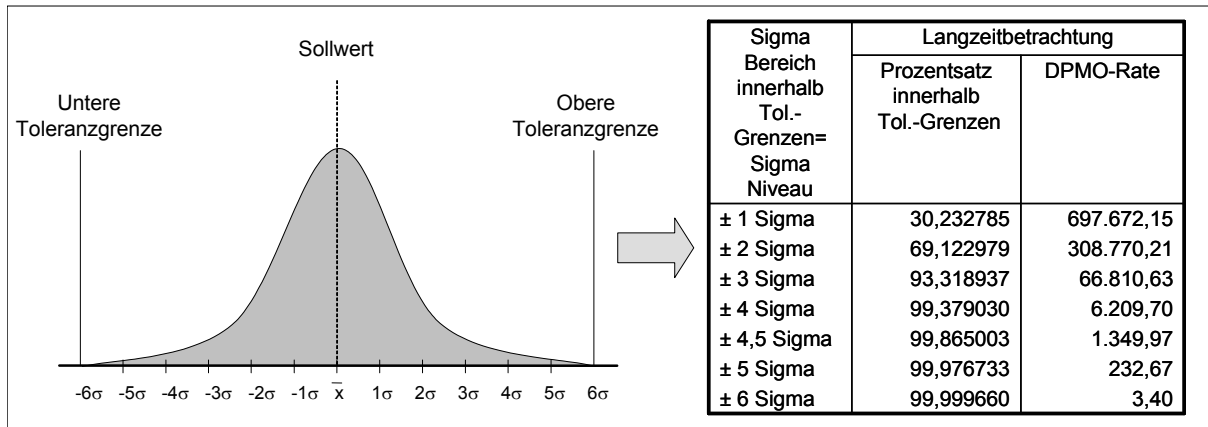


Abbildung 13: 6 σ Bewertung [BREY00, S.38ff] [LUNA06, S.7] [TOEP07b, S.59]

Abbildung 13 zeigt den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen eines normalverteilten Prozesses (Gauß-Kurve) und der Bewertung mit Hilfe von Six Sigma [BREY00, S.38ff] [LUNA06, S.7] [TOEP07b, S.59]. Um eine statistische Bewertung im Sinne von Six Sigma vornehmen zu können, ist eine Definition der angewandten statistischen und mathematischen Elemente essentiell. Da diese Bewertung im weiteren Verlauf der Arbeit eine zentrale Rolle spielen wird, werden die notwendigen Elemente im Folgenden vorgestellt. Weitere Beschreibungen dazu finden sich u. a. in [PYZD, S.467ff] und [BREY00, S.71ff].

Definition des Berechnungssystems

Abbildung 14 zeigt die notwendigen statistischen Formeln in allgemein gültiger Form für diskrete und stetige Verteilungen und für die häufig verwendete Normalverteilung.

	Allgemein: Diskrete Verteilung	Allgemein: Stetige Verteilung	Normalverteilung N(μ,σ²)
Wahrscheinlichkeitsfunktion/ Dichtefunktion (f(x))	$\sum_i f(x_i) = 1$	$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$
Erwartungswert (E(X))	$E(X) = \sum_i x_i f(x_i)$	$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$	$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$
Varianz (Var(X))	$Var(X) = \sum_i [x_i - E(X)]^2 f(x_i)$	$Var(X) = \int_{-\infty}^{\infty} [x - E(X)]^2 f(x) dx$	$Var(X) = \int_{-\infty}^{\infty} [x - E(X)]^2 f(x) dx$
Standardabweichung (σ)	$\sigma = \sqrt{Var(x)}$	$\sigma = \sqrt{Var(x)}$	$\sigma = \sqrt{Var(x)}$
Verteilungsfunktion (F(x)=P(X=x))	$F(x) = \sum_{x \leq x_i} f(x_i)$	$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt$	$F(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt$

Abbildung 14: Statistische Formeln [BAMB87, S.127]

Wie erwähnt, besteht das Ziel darin, ein Qualitätsniveau von mindestens 6 σ (bei Langzeitbetrachtung) zu erzielen. Um den aktuellen Zustand, das Sigma-Niveau des Prozesses, zu ermitteln, gibt es nach BROECHELER [BROE04, S.99] drei Möglichkeiten:

- **Mit Hilfe von Yield:** Zunächst wird die Ausbeute (Yield, s. Abbildung 15) für einen Prozessschritt oder einen Gesamtprozess (First Yield Pass) ermittelt. Aus der Sigma-Tabelle (s. auszugsweise in Abbildung 13) wird anschließend das Sigma-Niveau für die entsprechende Ausbeute entnommen. Der Nachteil dieses vereinfachten Verfahrens besteht darin, dass die Anzahl der Fehlermöglichkeiten und somit die Komplexität des Prozesses nicht berücksichtigt wird.
- **Mit Hilfe von DPMO:** Im ersten Schritt wird der DPMO-Wert errechnet (s. Abbildung 15). Die Sigma-Tabelle ordnet dem DPMO-Wert ein entsprechendes Sigma-Niveau zu. Durch dieses Verfahren erhält man einen aussagekräftigeren Wert als mit der Yield Methode, weil es die Komplexität des Prozesses und seine Fehlermöglichkeiten berücksichtigt.
- **Mit Hilfe der Standardnormalverteilung:** Bei kontinuierlich normalverteilten Messwerten können die Flächenanteile der Ausbeute (Yield) mittels der Standardnormalverteilung errechnet werden. Der Wert für die Ausbeute aus dem Prozess lässt sich wiederum anhand der Sigma-Tabelle in das entsprechende Sigma-Niveau übertragen.

Als Ergänzung zur Bewertung eines Prozesses mit Hilfe des Sigma-Niveaus verwendet Six Sigma Prozessindizes, um die Ergebnisse besser vergleichbar und kommunizierbar zu machen [PAND00, S.216] [LUNA06, S.86-91] [TOEP07b, S.55]. Abbildung 15 zeigt diese Indizes und deren Berechnung:

Index	Formeln	Beispiel
Defects per Unit (DPU), Defekte pro Einheit	$\frac{\text{Gesamtzahl der Fehler}}{\text{Einheiten gesamt}}$	99 Fehler an 750 Mikrochips (davon 97 fehlerhafte Einheiten) $\frac{99 \text{ Fehler}}{750 \text{ Einheiten}} = 0,132 (= 13,2\%) \text{ DPU}$
Parts per Million (ppm), Fehler pro Million	$\frac{\text{Fehlerhafte Einheiten} * 1.000.000}{\text{Einheiten gesamt}}$	97 fehlerhafte Einheiten (mit ggf. mehreren Einzelfehlern), 750 Mikrochips $\frac{97 \text{ Fehler} * 1.000.000}{750 \text{ Einheiten}} = 129.333 \text{ ppm}$
Defects per Opportunity (DPO), Defekte pro Möglichkeiten	$\frac{\text{Gesamtzahl der Fehler}}{\text{Einheiten gesamt} * \text{Anz. Fehlermög. je Einheit}}$	99 Fehler an 750 Mikrochips, 150 Möglichkeiten je Mikrochip $\frac{99 \text{ Fehler}}{750 \text{ Einheiten} * 150 \text{ Möglichkeiten}} = 0,00088 \text{ DPO}$
Defects per Million Opportunities (DPMO), Defekte pro Million Möglichkeiten	$\frac{\text{Gesamtzahl der Fehler} * 1.000.000}{\text{Einheiten gesamt} * \text{Anz. Fehlermög. je Einheit}}$ = DPO * 1.000.000	99 Fehler, 750 Mikrochips, 150 Fehlermöglichkeiten je Mikrochip $0,000888 \text{ DPO} * 1.000.000 = 888 \text{ DPMO}$
Yield, Ausbeute	$\frac{\text{Fehlerfreie Einheiten}}{\text{Einheiten gesamt}}$ = 1 - Defects per Opportunity	99 Fehler, 750 Microchips, 150 Fehlermöglichkeiten je Mikrochip $1 - 0,00088 = 0,99912 (= 99.912 \%)$

Abbildung 15: Prozessindizes

Bei der Berechnung der Indizes ist zu beachten, dass zwischen Fehlern und fehlerhaften Einheiten unterschieden wird. Als Fehler wird das Auftreten einzelner Fehlermerkmale betrachtet. Eine Einheit ist fehlerhaft, sobald mindestens ein Fehler aufgetreten ist. Eine fehlerhafte Einheit kann somit mehrere Fehler aufweisen. Fehlermöglichkeiten werden im Vorfeld definiert und stellen kundenkritische Fehlermerkmale dar, die zu einem Fehler führen [BROE04, S.92].

2.4.4 Methodenportfolio im standardisierten Vorgehen und zur systematischen Methodenauswahl

Die Six Sigma Methodik beinhaltet ein umfassendes Methodenportfolio für unterschiedlichste Aufgaben und Anwendungsbereiche. Die Anzahl und die Darstellungsform der Methoden variieren in den Literaturquellen. So visualisiert JUGULUM [JUGU08, S.47] die „Commonly used Six Sigma Techniques“ in einem Haus mit 14 Elementen. THEDEN [THED05, S.122] MAGNUSSON [MAGN04, S.43] und HARTWICH [HART02, S.4.2f.] nutzen eine 7x7 Matrix, in der sie die Methoden einsortieren. Ausführliche Beschreibungen zu den einzelnen Methoden finden sich in der Literatur von LUNAU [LUNA06], BICHENO [BICH02], PANDE [PAND00] [PAND02] und PYZDEK [PYZD03]. Die nachfolgenden Beschreibungen konzentrieren sich auf Six Sigma Methoden, die im Mittelpunkt der weiteren Arbeit stehen: Project-Charter, SIPOC, Voice of the Customer (VOC), Data Collection Plan, Gage R&R und Quality-Function-Deployment (QFD)

2.4.4.1 Projekt-Charter

Als „Project-Charter“ wird bei Six Sigma ein spezieller Projektplan bezeichnet. Er stellt eine Vereinbarung zwischen dem Management und dem zuständigen Team dar, wobei die gemeinsamen Erwartungen zu Projektbeginn festgehalten werden. Nach WILLIAMS [WILL00, S.8] besteht die Aufgabe einer Projekt-Charter darin,

- klar zu definieren, was von dem Projektteam erwartet wird,
- für ein gezieltes Vorgehen des Teams zu sorgen,
- zu gewährleisten, dass das Team entsprechend der Unternehmensziele konform arbeitet,
- das Projekt auf das Team zu übertragen.

PANDE [PAND03, S.102], ECKES [ECKE01, S.44ff], LUNAU [LUNA06, S.20] und KAUFMANN [KAUF00, S.8] nennen folgende zentralen Elemente einer Project Charter: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Zeitplan (Meilensteine), Restriktionen, Kennzahlen, erwartetes Ergebnis, Team-Mitglieder, benötigte Unterstützung. Abbildung 16 visualisiert den Aufbau einer Project Charter.

Project Charter						
Projekt:		Version:		Erstellt am:		
Projekt Name:						
Leiter Geschäftsfeld:		Projektleitung:				
Projektbeginn:		Gepl. Projektende:				
Projektbeschreibung:						
Problemstellung:						
Projektziel:						
Zeitplan (Meilensteine):						
Restriktionen						
Kennzahlen	Einheit	Wert	Ist-Wert	Ziel-Wert	UG	OG
Erwartetes Ergebnis:						
Team-Mitglieder:						
Benötigte Unterstützung:						

Abbildung 16: Project Charter

2.4.4.2 Prozessdarstellung (SIPOC)

Ein SIPOC ist eine Prozessdarstellung auf grober Ebene, die aus folgenden Teilen besteht: **S**upplier (Lieferant), **I**ntput (Eingangsgrößen), **P**rocess (Prozess), **O**utput (Ausgangsgrößen), **C**ustomer (Kunde). Das Ziel eines SIPOC besteht darin, die wesentlichen Kunden-Lieferanten-Verhältnisse zu identifizieren und ein einheitliches Verständnis für die zu verbessernde Prozesskette zu erhalten [LUNA06, S.24]. Bei Six Sigma können Kunden-Lieferanten-Beziehungen, ähnlich dem TQM-Ansatz, sowohl intern als auch extern auftreten [ZINK04, S.25] [JURA88, S.8] [MUNR92, S.20]. Abbildung 17 verdeutlicht die Elemente und die Darstellungsform anhand eines Beispiels.

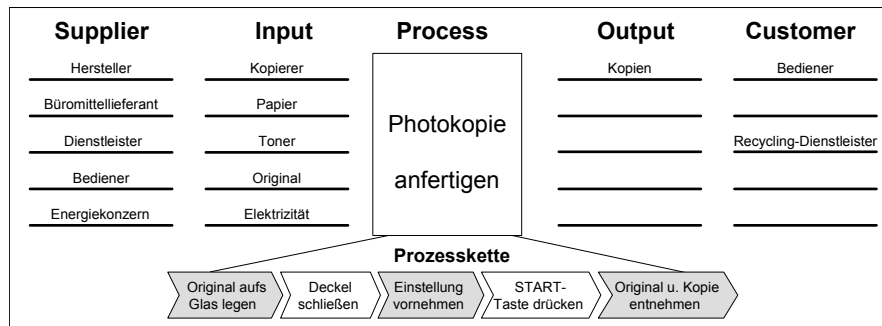


Abbildung 17: Beispiel eines SIPOC [WILL00, S.11]

2.4.4.3 Voice of the Customer (VOC)

Nach der Theorie von Six Sigma kann ein Produkt als Ergebnis einer Prozesskette nur dann fehlerfrei sein, wenn alle Kundenanforderungen erfüllt sind [SNEE02, S.254] [BORN07, S.7]. Entsprechend wichtig ist die exakte Kenntnis der Kundenanforderungen bei der Optimierung von Prozesssystemen. Six Sigma empfiehlt die Methode „Voice of the Customer“ (VOC) („Stimme des Kunden“), um die Kundenanforderungen zu beschreiben. Die Ergebnisse der VOC-Methode sollen dem Unternehmen helfen, die wesentlichen Treiber der Kundenzufriedenheit zu ermitteln, kundenkritische Funktionen und Merkmale zu bestimmen, die internen Anforderungen zu definieren und Optimierungsmaßnahmen zu priorisieren [WILL00, S.13].

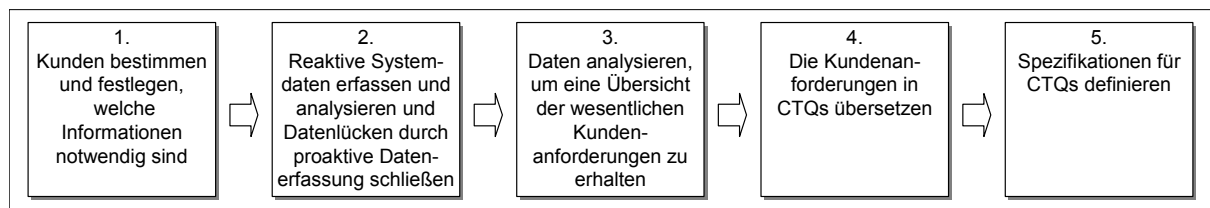


Abbildung 18: Voice of the Customer (VOC)

Abbildung 18 zeigt die Vorgehensweise der VOC-Methode. Im ersten Schritt werden die betroffenen internen und externen Kunden identifiziert. Darüber hinaus wird festgelegt, welche Informationen man von diesen erhalten möchte und auf welche Art und Weise man diese erhält (z. B. Umfragen, Reklamationen, Interviews, Hotline, etc.). Im zweiten Schritt werden die Informationen von den entsprechenden reaktiven oder proaktiven Datenquellen gesammelt. Danach werden die Daten z. B. mittels eines Affinitätsdiagramms strukturiert und es wird eine Übersicht der wesentlichen Kundenanforderungen generiert. Die Anforderungen sind dabei in „Kundensprache“ [KAUF00, S.15] zu benennen. Im vierten Schritt werden diese Anforderungen aus der „Kundensprache“ in die Sprache des Projektteams oder Unternehmens übersetzt und schließlich mit Hilfe eines „Critical-to-Quality-Tree“ (CTQ) (Qualitätsmerkmal-Baum) in konkrete Qualitätsmerkmale überführt.

2.4.4.4 Data Collection Plan

Da die Datenerfassung einen großen Aufwand bedeuten kann, ist es essentiell, die relevanten Messmerkmale im Vorfeld zu bestimmen und die beste Möglichkeit zur Datenerfassung zu identifizieren. Der sogenannte „Data Collection Plan“ ist ein Werkzeug, um dies sicherzustellen.

Data Collection Plan		Projekt: _____			
Welche Fragen sollen beantwortet werden?					
Daten		Anweisungen zur Datenerfassung			
Was wird gemessen?	Welcher Datentyp?	Wie wird die Messung durchgeführt?	Welche Zusatzinformationen?	Wie erfolgt Stichprobenentnahme?	Wie und wo werden die Daten erfasst?
Wie wird die Datenkonsistenz sichergestellt?		Nach welchem Plan wird die Datenerfassung durchgeführt? Wie werden die Daten dargestellt (Skizze)?			

Abbildung 19: Data Collection Plan [WILL00, S.23]

Im ersten Schritt des Data Collection Plans (siehe Abbildung 19) wird festgelegt, welche Frage durch die Datenerfassung beantwortet werden soll. Anschließend bestimmt das Projektteam, die benötigten Daten. Die Ergebnisse des SIPOC und des VOC/CTQ stellen eine Grundlage dar, um die Messmerkmale zu identifizieren. Der „Datentyp“ beschreibt die Merkmalsart und unterscheidet dabei zwischen quantitativen (kontinuierlich oder diskret) und qualitativen Merkmalen. Anschließend ist es wichtig, Verfahrensanweisungen zur genauen Beschreibung des Messvorgehens und der Stichprobenentnahme zu erstellen. Dies stellt sicher, dass alle Daten auf gleiche Art und Weise ermittelt und Abweichungen bei der Messung vermieden werden. Der Data Collection Plan fordert weiterhin, dass geklärt wird, wie die Datenkonsistenz sichergestellt wird und wie die aufgenommenen Daten im Folgenden verwendet und dargestellt werden sollen.

2.4.4.5 Gage R&R

Beim Aufnehmen der Daten ist es notwendig ein Messsystem einzusetzen, das eine hohe Messqualität erzielt und damit falsche Aussagen über die Prozessleistung verhindert [LUNA06, S.54]. Um diese Anforderung zu erfüllen wird die Gage R&R Methode eingesetzt. Mit ihr bewertet die Wiederholbarkeit (**Repeatability**) und die Reproduzierbarkeit (**Reproducibility**) eines Messsystems bewertet [LUNA06, S.54ff] [PYZD03, S.280ff]:

- **Wiederholbarkeit (Repeatability):** Geringe Schwankung, wenn eine Person wiederholt die gleiche Einheit mit derselben Messeinrichtung misst
- **Reproduzierbarkeit (Reproducibility):** Geringe Differenz, wenn mehrere Personen dieselbe Einheit mit derselben Messeinrichtung messen.

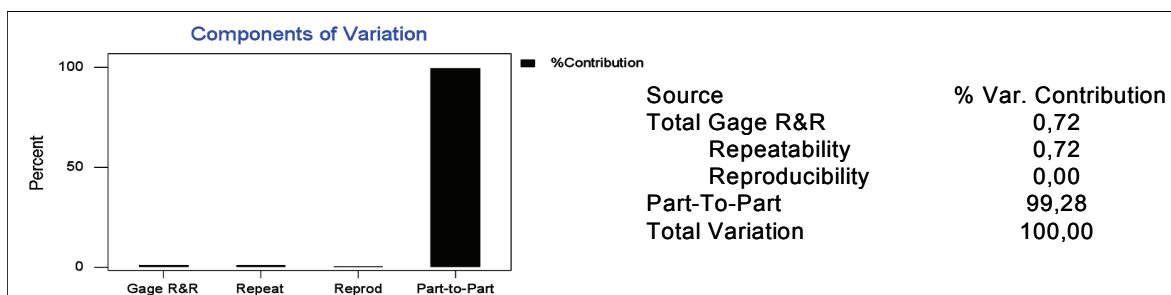


Abbildung 20: Beispiel einer Gage R&R Analyse

Abbildung 20 zeigt beispielhaft eine Gage R&R Analyse. Die einzelnen Balken des Diagramms stellen den Anteil der gemessenen Abweichungen dar. In diesem Beispiel besteht eine sehr geringe Variation bei den Tests auf Wiederholbarkeit (0,72%) oder Reproduzierbarkeit (0,00%). Der größte Anteil der Variation (99,98%) basiert auf Unterschieden zwischen den gemessenen Teilen (Teil-zu-Teil-Variation). Liegt das Gesamt-Gage R&R Ergebnis unterhalb von 10% wird es als „gut“ eingestuft, zwischen 10% und 30% ist es „akzeptabel“, bei Werten größer als 30% sind Korrekturmaßnahmen erforderlich [TOEP07b, S.70]. Demnach wird das Ergebnis des Beispiels (0,72%) als „gut“ eingestuft.

2.4.4.6 Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) beschreibt eine Methode zur kunden- und marktorientierten Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen, die Ende der 60-er Jahre von AKAO [AKAO92] entwickelt wurde. Grundlage von QFD ist die Trennung der Kundenanforderung (Was wird gefordert?) von den Produktmerkmalen (Wie wird es erfüllt?). Die Elemente und Ergebnisse des QFD-Prozesses werden im so genannten „House-of-Quality“ visualisiert [VITR04, S.32ff] (s. Abbildung 21).

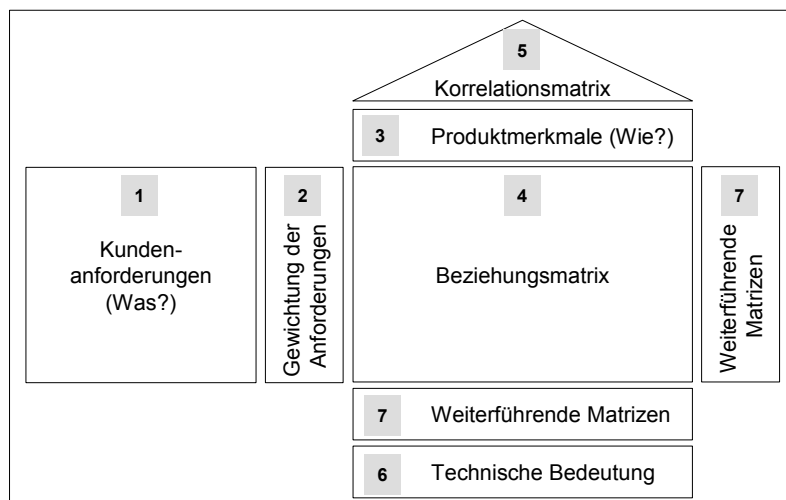


Abbildung 21: House-of-Quality

Das House-of-Quality umfasst sieben Elemente, die gleichzeitig das Vorgehen beschreiben:

- 1. Erfassung der Kundenanforderungen:** Im ersten Schritt werden die Kundenanforderungen (Was?) an das Produkt aufgenommen, wobei nicht mehr als 20 Anforderungen aufgelistet werden sollten, da die Matrix ansonsten zu komplex wird [THED97, S.74].
- 2. Bewertung der Kundenanforderungen:** Da nicht alle Anforderungen gleich relevant sind, werden sie anhand einer Skala – üblicherweise von 1 (unwichtig) bis 10 (sehr wichtig) – gewichtet. Auf diese Weise wird eine Rangfolge der Wichtigkeit der Ziele gebildet.
- 3. Ermittlung der Produktmerkmale:** Die Produktmerkmale (Wie?) sollen die Kundenanforderungen erfüllen. Für jede Kundenanforderung sollten ein oder mehrere Produktmerkmale gefunden werden.
- 4. Erstellung der Beziehungsmatrix:** Kern des House-of-Quality bildet die Beziehungsmatrix, in der die Kundenanforderungen mit den Produktmerkmalen in Beziehung gesetzt werden. Für jedes Feld wird überprüft, inwieweit die Produktmerkmale einen Einfluss auf die Erfüllung der Kundenwünsche haben. Der Grad der Beziehung wird mittels eines Symbols in der Matrix festgehalten. Als Skala wird 9 für eine starke, 3 für eine mittlere und 1 für eine schwache Beziehung verwendet.
- 5. Korrelationsmatrix:** Die ermittelten Produktmerkmale können sich gegenseitig beeinflussen und im ungünstigsten Fall widersprechen. Im „Dach“ des House-of-Quality wird die Wechselbeziehung (positiv, negativ, neutral) mittels eines paarweisen Vergleichs bewertet. Vor allem Konflikte zwischen Produktmerkmalen sollen für eine rechtzeitige Betrachtung aufgedeckt werden.

6. Bewertung der technischen Bedeutung: Das Endergebnis des House-of-Quality ist die Bewertung der Bedeutung der jeweiligen Produktmerkmale hinsichtlich der Kundenanforderungen. Dazu werden die Gewichtungen der Anforderungen mit den Bewertungen in der Beziehungsmatrix multipliziert und spaltenweise aufaddiert. Für jedes Merkmal ergibt sich damit ein Wert, der den Grad der Wichtigkeit zur Erfüllung der Kundenwünsche wiedergibt.

7. Weiterführende Matrizen: Als Ergänzung zu den vorgestellten Kernelementen können im House-of-Quality zusätzliche Informationen oder Berechnung in den weiterführenden Matrizen festgehalten werden. Beispielsweise lässt sich die Bewertung der technischen Bedeutung (s. Element 6) als Relativwert auf einer 10-stelligen Skala normieren.

Der Vorteil des QFD besteht in der transparenten und objektiven Bewertung der Produktmerkmale in Bezug auf die Kundenanforderungen. Damit lassen sich bei der Produktentwicklung die „Zufriedenheitstreiber“ identifizieren und die Produkte nach den Kundenanforderungen ausrichten.

2.4.4.7 Visualisierung

Die Six Sigma Methodik bietet eine Vielzahl unterschiedlicher Hilfsmittel zur Visualisierung an [BICH02, S.34ff], [LUNA06, S.63ff], [PYZD03, S.261ff]. HILLER [HILL02, S.135] gibt einen Überblick über mögliche Visualisierungsformen und charakterisiert deren geeignete Anwendung anhand des Visualisierungsobjektes und der Wertearchitektur (s. Abbildung 22).

Visualisierungsform	Visualisierungsobjekt			Wertearchitektur	
	Strukturen	Prozesse	Werte	Dimensionen	Werte pro Dimension
Abbildung	X	X			
Affinitätsdiagramm	X				
Ampelchart			X	= 1	= 1
Balkendiagramm			X	≤ 3	≤ 15
Baumdiagramm	X				
Entscheidungsbaum	X	X			
Euler-Venn-Diagramm	X				
Flussdiagramm		X			
Grey Scale Chart			X	= 3	≤ 30
Kreisdiagramm			X	= 1	≤ 6
Kurven-/ Liniendiagramm			X	≤ 3	≤ 15
Matrixdiagramm			X	= 2	≤ 10
Mind-Map	X				
Morphologischer Kasten	X	X			
Radar-/ Netzdiagramm			X	3 - 10	≤ 5
Paretodiagramm			X	≤ 3	≤ 15
Portfolio			X	2 – 3	≤ 10
Profilardarstellung			X	≤ 15	≤ 5
Punktdiagramm			X	≤ 3	≤ 15
Ratingskala			X	= 1	= 1
Regelkarte			X	= 1	5 – 20
Relationendiagramm	X				
Sankey-Diagramm	X		X	≤ 3	≤ 5
Säulen-Diagramm			X	≤ 3	≤ 15
Ursach-Wirkungsdiagramm	X				

Abbildung 22: Visualisierungsformen und deren Anwendungsbereiche

Diese Methoden zur Visualisierung finden in der Analyse als auch in der Control Phase Anwendung, um Ursachen, Zusammenhänge oder Ergebnisse zu verdeutlichen. Ausführliche Beschreibungen zu den einzelnen Visualisierungsformen finden sich unter anderem bei HILLER [HILL02, S.136ff], THEDEN [THED05, S.9ff] und DAENZER [DAEN02, S.429 ff].

2.5 Kombinierte Ansätze des Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik

Die bisherigen Bewertungen mit dem Modell von TÖPFER zeigen Schwachstellen im Vorgehensmodell des Lean Production Systems und Stärken im Vorgehensmodell der Six Sigma Methodik auf. Von unterschiedlichen Betrachtungsansätzen ausgehend kommen verschiedene Autoren zu ähnlichen Ergebnissen und haben daher die Vorteile einer Kombination der Six Sigma Methodik mit dem Lean Production System erkannt. Zur Systematisierung dieser kombinierten Ansätze werden in Kapitel 2.5.1 zwei Erfolgs-Dimensionen definiert, die sich an den identifizierten Schwächen nach dem Bewertungsmodell von TÖPFER orientieren. Anhand dieser Dimensionen werden die bestehenden Ansätze sortiert und deren Inhalt in den Kapitel 2.5.2 bis 2.5.4 vorgestellt. Eine Portfolio-Darstellung in Kapitel 2.5.5 fasst die kombinierten Ansätze zusammen und zeigt das bestehende Defizit im Stand der Technik auf.

2.5.1 Dimensionen der Kombination

Die Bewertung mit dem Modell von TÖPFER zeigt, dass das Lean Production System Schwächen in zwei Kategorien und insgesamt vier Unterpunkten aufweist (s. Kapitel 2.3). Um bewerten zu können inwieweit bestehende kombinierte Ansätze des Lean Production Systems und der Six Sigma Methodik diese Schwächen beheben, werden folgende zwei Erfolgs-Dimensionen definiert:

- **Systematisches Vorgehen:** Der kombinierte Ansatz besitzt ein systematisches Vorgehen, wobei sowohl eine Vorgehensstruktur durchgängig definiert ist als auch die notwendigen Planungsmethoden in standardisierter Form festgelegt sind.
- **Systematische Bewertung und Lean-Methodenauswahl:** Der kombinierte Ansatz beinhaltet eine systematische Bewertung (Statistikeinsatz) und Lean-Methodenauswahl, um die individuell notwendigen Lean-Methoden auszuwählen.

Anhand der definierten Dimensionen werden die bestehenden kombinatorischen Ansätze des Lean Production Systems und der Six Sigma Methodik gegliedert, bewertet und beschrieben.

2.5.2 Systematisches Vorgehen

Ein Großteil der Veröffentlichungen zur Kombination des Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik nutzt die systematische Vorgehensstruktur in Form des DMAIC-Zyklus. Je nach Sichtweise und Schwerpunkt des Autors werden verschiedene Elemente aus dem Lean Production Systems auf diese Vorgehensstruktur übertragen.

GEORGES [GEOR02] [GEOR04] [GEOR05], einer der Mitbegründer des Lean Six Sigma Ansatzes, und MÖSSINGER [MOES06] sehen in der Kombination eine Ergänzung der Six Sigma Qualität mit der Geschwindigkeit von Lean. Zentraler Bestandteil ist die Beschleunigung der Prozesse, v. a. der Durchlaufzeit [GEOR02, S.36]. TAGHIZADEGAN [TAGH06] teilt die Einschätzung von GEORGES und erwartet durch die Prozessbeschleunigung vor allem eine Kostenreduzierung [TAGH06, S.3]. Sowohl bei GEORGES als auch bei TAGHIZEDAGAN fungieren die Lean Elemente [GEOR05, S.197ff] [TAGH06, S.3] als Werkzeuge, um diese Prozessbeschleunigung zu erreichen.

Auch TÖPFER ist überzeugt, dass durch die Kombination die Geschwindigkeit erhöht werden kann. Allerdings setzt er auf eine Beschleunigung der üblicherweise lang dauernden Six Sigma Projekte mit Hilfe des umsetzungsschnellen Lean Production Systems [TOEP09, S.58]. Weiterhin sieht er die Möglichkeit je nach Projektziel und –umfang gezielt Projekte mit Lean- oder Six Sigma-Schwerpunkten zu initiieren [TOEP09, S.59].

Sowohl der Lean Six Sigma Ansatz von HARRY [HARR06] als auch von RODEN und KLAUS [RODE06] stellen die Six Sigma Vorgehensweise und deren Werkzeuge in den Vordergrund. Die Lean Prinzipien werden als Hilfsmittel genutzt, um ein breiteres Optimierungsfeld abzudecken. RODEN und KLAUS verdeutlichen diese Beziehung sehr anschaulich in Form der „Zugmaschine-Anhänger-Darstellung“ (s. Abbildung 23) [RODE06, S.14]. BORNHÖFT und FAULHABER [BORN07] teilen diese Einschätzung und leiten daraus eine Toolbox [BORN07, S.13] ab, wonach die Six Sigma Werkzeuge durch weitere Lean Elemente in den einzelnen Phasen des DMAIC-Zyklus ergänzt werden, z. B. Wertstromanalyse in der Define Phase. LUNAU et al. [LUN006] verfolgen den gleichen Ansatz, fügen die Elemente des Lean Production Systems, z. B. 5-S, SMED, jedoch insbesondere in der Improve Phase des DMAIC-Zyklus ein [LUNA06, S.181ff].



Abbildung 23: Six Sigma als Zugmaschine, Lean Elemente als Hilfsmittel [RODE06, S.14]

MUIR [MUIR06] sieht den Unterschied zwischen Six Sigma und Lean darin, dass Six Sigma sich auf die Verbesserung eines Prozesses konzentriert, wohingegen Lean Verbindungen und Zusammenhänge zwischen den Prozessen verbessern soll [MUIR06, S.12]. Der Vorteil eines kombinierten Ansatzes besteht nach MUIR darin, dass damit eine ganze Prozesskette sowohl in den Einzelprozessen als auch an den Schnittstellen optimiert werden kann [MUIR06, S.13f].

EI-HAIK und EI-AOMA [HAIK06] gehen über die Verwendung der Lean Elemente als erweiterte Toolbox hinaus. Zwar bildet der DMAIC-Zyklus weiterhin das zentrale Vorgehen, sie haben dieses jedoch für eine simulationsorientierte Implementierung abgewandelt. Sie bezeichnen dieses Vorgehen als „Simulation-Based Lean Six Sigma“ [HAIK06, S.21]. Ausgehend von einer Value Stream Darstellung möchten sie vor der Implementierung die Auswirkungen der Lean Elemente mit Hilfe einer ereignisorientierten Simulation testen [HAIK06, S.224]. Erst wenn die Simulationsergebnisse mit den gestellten Erwartungen übereinstimmen, erfolgt eine Umsetzung im Unternehmen.

WEDGEWOOD [WEDG06] verfolgt das Ziel, seinen Lean Six Sigma Ansatz [WEDG06, S.2] möglichst praxisnah und anwendungsorientiert zu gestalten. Entsprechend hat er in Anlehnung an den DMAIC-Zyklus eine spezielle Vorgehensweise zur Prozessverbesserung entwickelt (s. Abbildung 24)

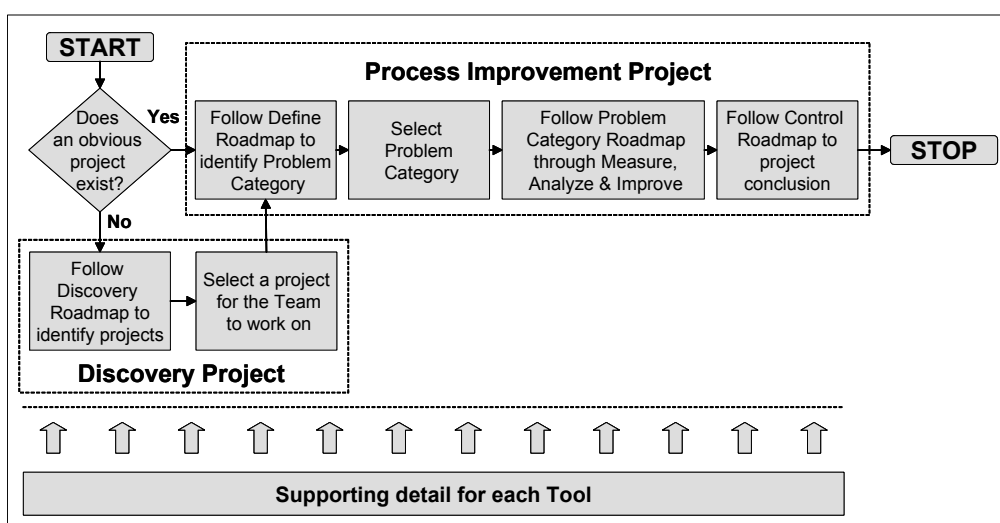


Abbildung 24: Aufbau und Inhalt von Lean Six Sigma nach WEDGEWOOD [WEDG06, S.10]

Für verschiedene „Problemkategorien“ beschreibt WEGWOOD weitere Standard-Vorgehensweisen [WEDG06, S.23], die den Projektbearbeiter bei der Umsetzung unterstützen sollen. In Ergänzung zu den bisher operativ orientierten Ansätzen setzen JUGULUM und SAMUEL [JUGU08] den Schwerpunkt auf den Produktentwicklungsprozess. Anstelle des DMAIC-Zyklus verwenden sie daher den entwicklungsorientierten DMADV-Zyklus [JUGU08, S.4] und integrieren entwicklungsrelevante Methoden, z. B. Innovation Portfolio [JUGU08 S.31], TRIZ [JUGU08, S.127ff].

Die vorgestellten Ansätze haben trotz ihrer unterschiedlichen Betrachtungsweise und Fokussierung zwei Gemeinsamkeiten. Durch die konsequente Anwendung des DMAIC-Zyklus erreichen sie eine systematische Vorgehensweise. Gleichzeitig nutzen sie jedoch die Lean-Methoden vorwiegend als Ergänzung zu den bestehenden Werkzeugen der Six Sigma Methodik. Dadurch wird ein breiteres Optimierungs- und Lösungsfeld geschaffen. Die systematische Auswahl der notwendigen und richtigen Lean-Methoden bleibt jedoch den Erfahrungen und Einschätzungen des verantwortlichen Projektbearbeiters überlassen.

2.5.3 Systematische Bewertung und Methodenauswahl

Um die Schwachstellen eines Produktionssystems aufzudecken, durch Lean-Maßnahmen zu beheben und letztlich den Erfolg der Maßnahmen zu überwachen, entwickelte PFEIL [PFEI09] ein umfassendes Kennzahlensystem [PFEI09, S.201]. Durch Matrixverknüpfungen von Kennzahlen, Erfolgsfaktoren und Lean Prinzipien [PFEI09, S.126ff] [PFEI09, S.248ff] lassen sich Wirkzusammenhänge erkennen und die Auswirkungen von Lean Maßnahmen [PFEI09, S.223] bewerten.

In Übereinstimmung mit GEORGE [GEOR05] und TAGHIZEDAGAN [TAGH06] sehen auch FISHER et al. [FISH07] das vorrangige Ziel des Lean Production Systems in der Verbesserung der Prozessgeschwindigkeit [FISH07, S.6]. Zur Zielerreichung schlagen FISHER et al. einen „Lean Self Test“ [FISH07, S.32ff] in verschiedenen Unternehmensbereichen (Produktion, Qualität, Personalwesen, usw.) und unterschiedlichen Kategorien vor. Anhand der Bewertungsergebnisse und einer Einteilung in Klassen [FISH07, S.80] werden Hinweise zu möglichen Lean-Methoden für eine Verbesserung gegeben. Einen ähnlichen Ansatz wählt DIETRICH [DIET96], wobei er sich auf die reine Bewertung des Produktionssystems nach Lean Kriterien [DIET96, S.46ff] beschränkt.

Die vorgestellten Ansätze konzentrieren sich auf die Bewertung des Produktionssystems mittels Kennzahlen oder Fragebögen und versuchen daraus Schwächen bzw. mangelnde Lean Elemente abzuleiten. Sie besitzen daher eine systematische Methodenauswahl. Obwohl beispielsweise FISHER betont, die Six Sigma Prinzipien zu benutzen, fehlt diesen Ansätzen eine systematische Vorgehensweise sowohl für die Projektbearbeitung als auch für die Einführung der Lean-Methoden.

2.5.4 Verfahren ohne Systematik

DEVANE [DEVA04] und SCHONBERGER [SCHON07] nutzen den Vergleich verschiedener Unternehmen bzw. Unternehmenskategorien, um die Erfolgskriterien eines kombinierten „Lean Six Sigma“ Ansatzes darzustellen. SCHONBERGER greift dabei auf eine Vielzahl international operierender Unternehmen [SCHO08, S.Xff] zurück und entwickelt aus deren Ergebnissen sogenannte „Best Practices“, z. B. für Analysen, Produktionsoptimierungen und Trainings [SCHON07, S.103]. Diese sollen letztlich als Vorbild für andere Unternehmen bzw. Implementierer dienen. DEVANE unterscheidet in seinen Ausführungen zwischen sogenannten „traditionellen“ und „High-Performance“ Unternehmen [DEVA04, S.30f]. Um den Status eines „High-Performance“ zu erreichen, empfiehlt DEVANE in verschiedenen Aktionsbereichen Prinzipien [DEVA04, S.91] und Aufgabenlisten [DEVA04, S.149] [DEVA04, S.313ff] für Führungskräfte. Das Ergebnis der beiden Lean Six Sigma Ansätze besteht in Handlungsempfehlungen zur Verbesserung eines Unternehmens. Diese Handlungsempfehlungen sind weder in eine systematische Vorgehensweise eingebettet, noch lassen sich daraus in systematischer Form die notwendigen Lean-Methoden ableiten.

2.5.5 Defizit: Fehlende Systematik im Vorgehen, in der Bewertung und Methodenauswahl

Nach dem Bewertungssystem für Vorgehensmodelle von TÖPFER zeigen sich im Lean Production System Schwächen hinsichtlich des systematischen Vorgehens, der systematischen Bewertung und Methodenauswahl. Die Autoren von kombinierten Ansätzen des Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik sind sich einig, dass sich beide Ansätze ergänzen und dadurch ein verbesserter Gesamtansatz erzielt werden kann. Untersucht und strukturiert man die bisherigen Kombinationen hinsichtlich der Dimensionen „Vorgehen“ und „Bewertung und Lean-Methodenauswahl“, so zeigen sich unterschiedliche Ausprägungen. Abbildung 25 verdeutlicht das Ergebnis mit Hilfe einer Portfolio-Darstellung.

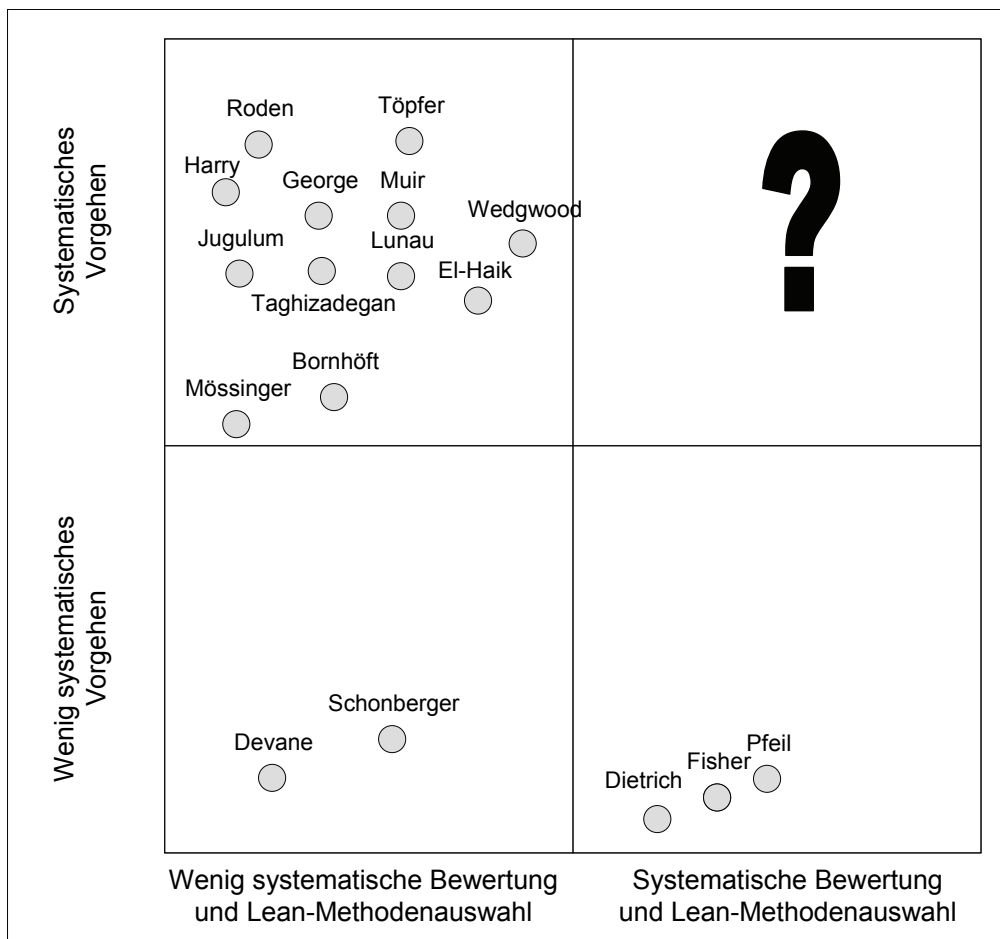


Abbildung 25: Portfolio: Vorgehensweise und Lean-Methodenauswahl

Abbildung 25 zeigt, dass die bisherigen kombinierten Ansätze entweder hinsichtlich der Vorgehensweise oder hinsichtlich der Bewertung und Lean-Methodenauswahl systematisch sind. Weiterhin lässt sich festhalten, dass alle Autoren, die ein systematisches Vorgehen realisiert haben, auf den DMAIC-Zyklus als Vorgehensstruktur zurückgegriffen haben. Ein Ansatz, der in beiden Dimensionen eine durchgehende Systematik aufweist, fehlt bisher. Eine weiterführende Kombination der beiden Vorgehensmodelle sollte es demnach möglich machen, beide Dimensionen zu erfüllen.

2.6 Zwischenfazit des Stands der Technik

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Stands der Technik in einem Zwischenfazit zusammengefasst. Abbildung 26 zeigt die identifizierten Stärken und Schwächen und lässt erkennen, dass die Aspekte des systematischen Vorgehens und Methodeneinsatzes eine zentrale Rolle spielen.

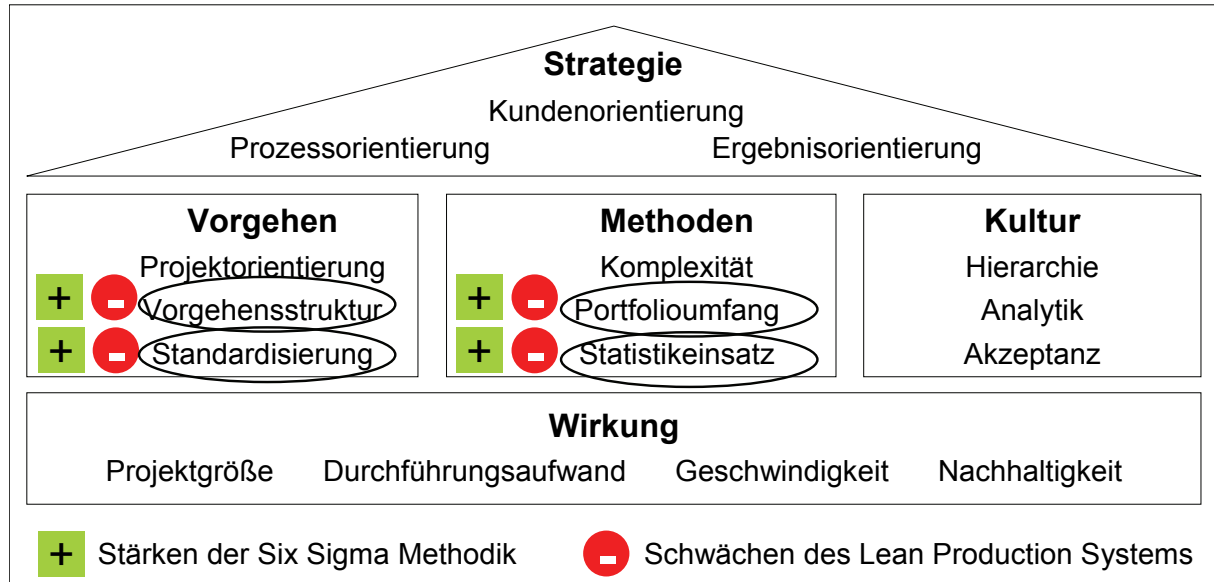


Abbildung 26: Die komplementären Stärken und Schwächen der bewerteten Vorgehensmodelle

Schwächen des Vorgehensmodells des Lean Production Systems:

Anhand des Bewertungssystems von TÖPFER zeigen sich im Vorgehensmodell zur Konfiguration von Lean Production Systemen Schwächen hinsichtlich der Kriterien des Vorgehens und der Methoden.

- Beim Vorgehen wird einerseits das Fehlen einer systematischen und durchgängigen Vorgehensstruktur bemängelt. Andererseits wurden Schwächen im Bereich der Standardisierung identifiziert, die sich insbesondere auf das Fehlen einer standardisierter Zuordnungen der Planungsmethoden zu den einzelnen Projektphasen beziehen.
- Im Bereich der Methoden wird sowohl das Fehlen einer eindeutigen und statistisch fundierten Bewertung des Lean-Zielsystems als auch das Fehlen einer systematischen Lean-Methodenauswahl kritisiert.

Stärken des Vorgehensmodells der Six Sigma Methodik

Die Six Sigma Methodik weist dagegen Stärken im Bereich des Vorgehens und der Methoden auf.

- Sie umfasst sowohl eine systematische und durchgängige Vorgehensstruktur als auch eine Standardisierung der einzelnen Phasen dieser Struktur.
- Weiterhin bietet Six Sigma eine statistisch Bewertung mit einem einheitlichen Zielwert (6σ) an. Zur systematischen Auswahl und Strukturierung von Methoden stellt die Six Sigma Methodik verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung, z. B. QFD.

Die Vorteile einer Kombination der beiden Ansätze wurden von verschiedenen Autoren erkannt. Die Analyse zeigt aber, dass bei keinem der Ansätze die beiden Erfolgsdimensionen „systematisches Vorgehen“ und „systematische Bewertung und Lean-Methodenauswahl“ gleichzeitig erfüllt sind.

Als Fazit der Bewertung lässt sich festhalten, dass die Six Sigma Methodik komplementäre Stärken zu den Schwächen des Vorgehensmodells des Lean Production Systems aufweist (s. Abbildung 26). Die wurden bisher jedoch nicht vollständig genutzt.

3 Zielsetzung und Lösungsansatz

In diesem Kapitel wird die Zielsetzung der Arbeit definiert (Kapitel 3.1) und der Lösungsansatz entwickelt (Kapitel 3.2).

3.1 Zielsetzung

Aus der Bewertung mit dem Reifegradmodell in Kapitel 1 geht hervor, dass das Vorgehensmodell zur Konfiguration des Lean Production Systems nicht ausgereift ist und sich auf der Stufe der „Improvisation“ befindet. Eine analoge Bewertung des Vorgehensmodells der Six Sigma Methodik zeigt, dass dieses den Reifegrad „Sichere Prozesse“ erreicht. Aus dieser vergleichenden Betrachtung lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass zumindest diese Reifegradstufe auch für das Vorgehensmodell des Lean Production Systems durch Ergänzung mit der Six Sigma Methodik erreichbar sein müsste.

Das Ziel der Arbeit besteht somit darin, das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems so zu verbessern, dass es den Reifegrad der „Sicheren Prozesse“ erreicht (s. Abbildung 27).

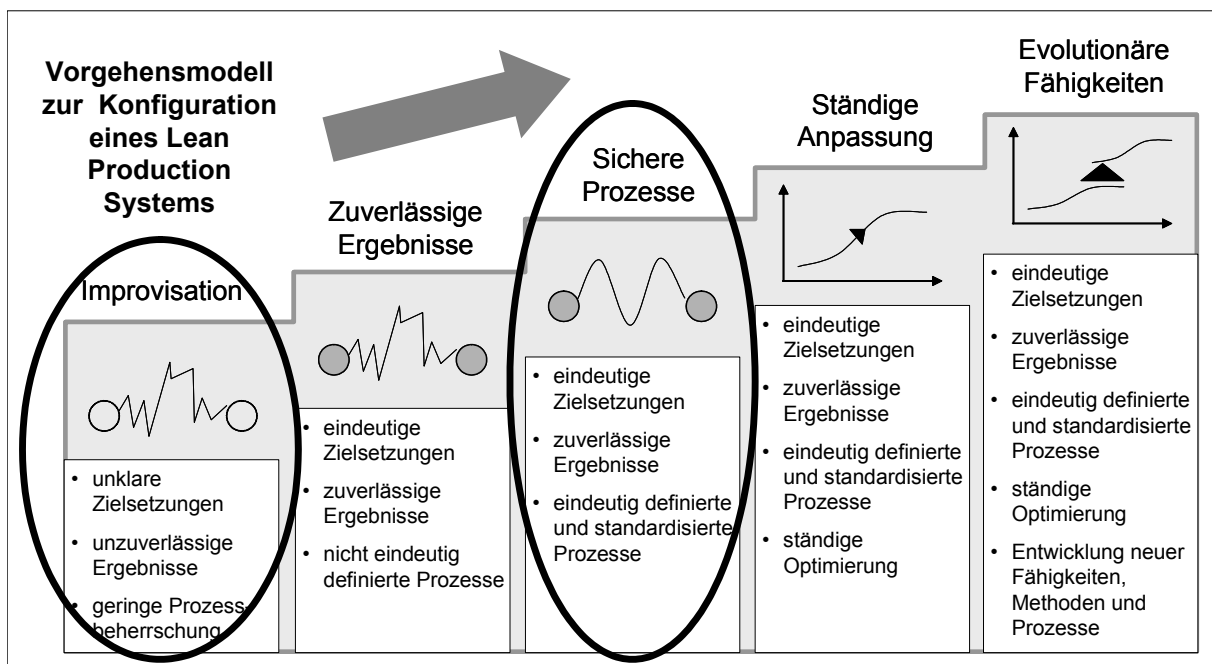


Abbildung 27: Zielsetzung der Arbeit

Die Zielerreichung lässt sich anhand der Reifegradkriterien für sichere Prozesse bewerten. Diese Kriterien sind (s. Kapitel 1.3 bzw. Abbildung 27):

- Eindeutigkeit der Zielsetzung
- Zuverlässigkeit der Ergebnisse
- Eindeutige Definition und Standardisierung der Prozesse

3.2 Lösungsansatz

Im Folgenden wird der Ansatz zur Lösung der Zielsetzung hergeleitet. Wie Abbildung 28 anhand des Bewertungsmodells von TÖPFER verdeutlicht, weist die Six Sigma Methodik exakt in den Kategorien systematische Stärken auf, in denen das Vorgehensmodell des Lean Production Systems Schwächen besitzt. Nach Abbildung 28 sind dies die Kategorien „Vorgehen“ und „Methoden“. Basierend auf dieser Erkenntnis müsste es möglich sein, die Stärken der Six Sigma Methodik, die in diesen Kategorien bestehen, auf das Vorgehensmodell des Lean Production Systems zu übertragen, anzupassen und in diesem zu integrieren. Als Ergebnis dieses Lösungsansatzes sollte ein Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems entstehen, das auch in den bemängelten Kategorien Stärken aufweist und einen verbesserten Reifegrad erzielt.

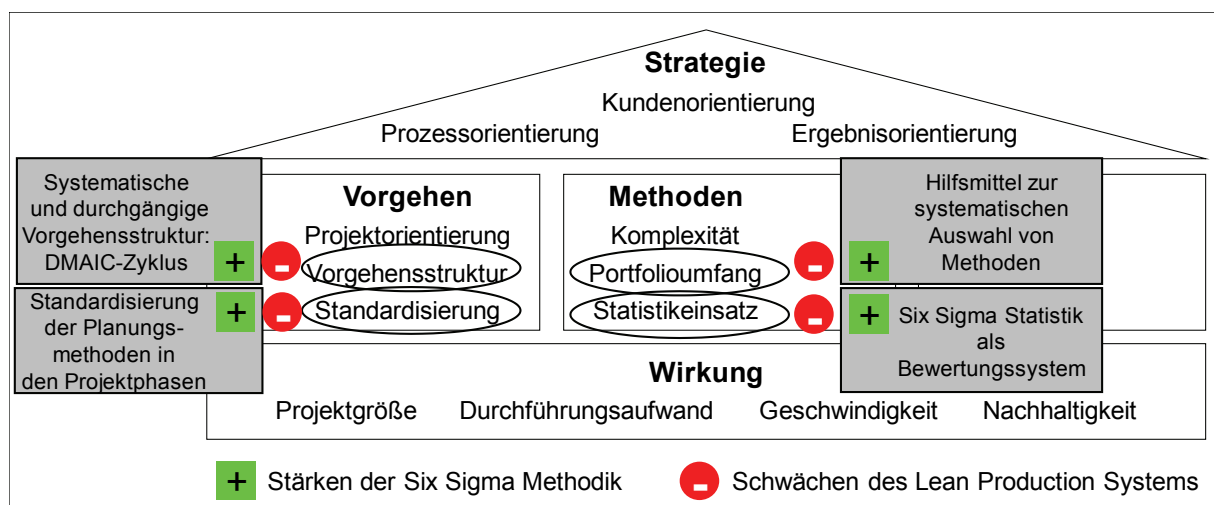


Abbildung 28: Lösungsansatz

Im Detail können im Lösungsansatz folgende Elemente unterschieden werden:

Um ein **systematisches Vorgehen** zu erreichen, soll die Definition einer Vorgehensstruktur und die Erstellung einer Standardisierung vorgenommen werden. Folgende Lösungselemente sind hierfür vorgesehen:

- Übertragung des DMAIC-Zyklus in das Lean Production System mit dem Ziel einer systematischen und durchgängigen Vorgehensstruktur
- Standardisierung der Planungsmethoden in den Projektphasen in Anlehnung an die Standardisierung in der Six Sigma Methodik

Für einen **systematischen Methodeneinsatz** besteht das Ziel darin, den Portfolioumfang gezielt zu erweitern und den Statistikeinsatz in dem Lösungsansatz aufzunehmen. Hierfür werden folgende Elemente aus der Six Sigma Methodik integriert und angepasst:

- Erweiterung des Portfolioumfangs durch Six Sigma Methoden zur systematischen Lean-Methodenauswahl
- Übertragung der Six Sigma Statistik auf das Lean Production System für eine mathematisch eindeutige, einheitliche und vergleichbare Bewertung des Lean-Zielsystems

4 Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik

Den Aufbau des Vorgehensmodells zur Konfiguration des Lean Production Systems mit der Six Sigma Methodik beschreibt Kapitel 4.1. In diesem Kapitel werden auch die Phasen des DMAIC-Zyklus vorgestellt, die eine durchgängige Systematik bewirken. Auf die Standardisierung in Form definierter Inhalte und festgelegter Methoden wird Kapitel 4.2 eingegangen. Die, aus der Six Sigma Methodik übertragenen und angepassten Methoden, werden in Kapitel 4.3 detailliert beschrieben. Zentrale Elemente bilden dabei die Bewertungsmöglichkeiten mit der Six Sigma Statistik (Kapitel 4.3.2) und das House-of-Lean Quality zur systematischen Lean-Methodenauswahl (Kapitel 4.3.4). Ein Zwischenfazit bildet die Zusammenfassung in Kapitel 4.4.

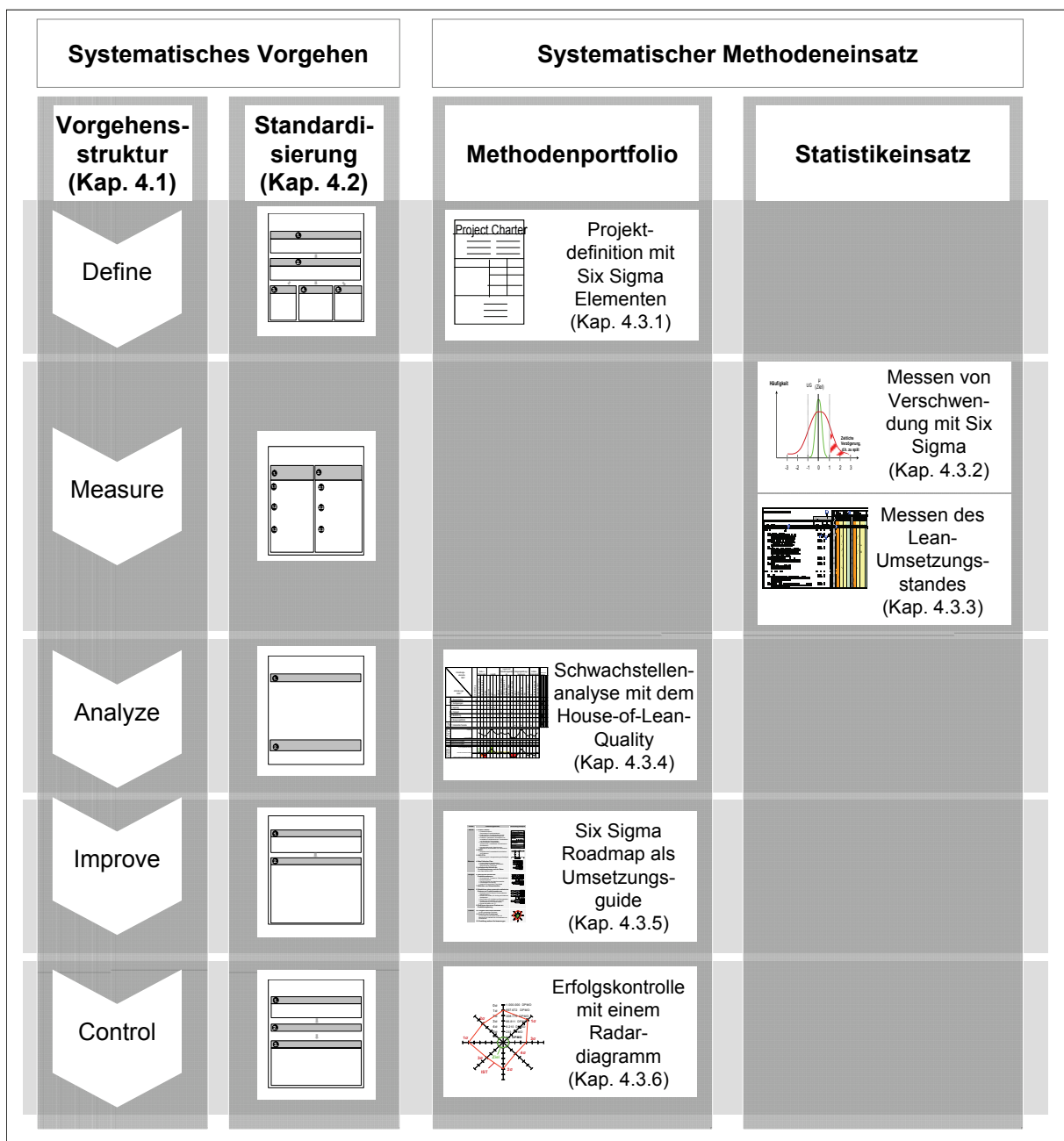


Abbildung 29: Aufbau des Vorgehensmodells

4.1 Aufbau des Vorgehensmodells

Den Aufbau des Vorgehensmodells zur Konfiguration eines Lean Production Systems visualisiert Abbildung 29. Entsprechend des Lösungsansatzes bilden das systematische Vorgehen und der systematische Methodeneinsatz die wesentlichen Komponenten des Aufbaus.

Das **systematische Vorgehen** wiederum umfasst die Vorgehensstruktur und die Standardisierung als zentrale Gestaltungselemente. Als **Vorgehensstruktur** wird der DMAIC-Zyklus der Six Sigma Methodik auf das Lean Production System übertragen. Dementsprechend erfolgt eine Gliederung in die Phasen: Define, Measure, Analyze, Improve und Control (s. Abbildung 29). Für die Anwendung im Lean Production System werden die Phasen adaptiert und die Schritte innerhalb der Phasen **standardisiert**. So erfolgt in der Define Phase (Kapitel 4.2.1) die Definition und Abgrenzung des Projekts zur Konfiguration eines Lean Production Systems. In der anschließenden Measure Phase (Kapitel 4.2.2) werden sowohl die Arten der Verschwendung als auch die Umsetzung der Lean-Methoden systematisch gemessen. Aufbauend auf diesen Messergebnissen erfolgt in der Analyse Phase (Kapitel 4.2.3) eine systematische Identifikation der Lean-Methoden, die im Vergleich zum Zielanspruch die größten Schwachstellen aufweisen. Aus diesen Ergebnissen lassen sich in der Improve Phase (Kapitel 4.2.4) die notwendigen Verbesserungsprojekte ableiten und priorisieren. In dieser Phase erfolgt auch deren Umsetzung. Den Abschluss bildet die Control Phase (Kapitel 4.2.5), in der die Wirksamkeit der Verbesserungsprojekte überprüft wird.

Abbildung 29 zeigt, dass in den einzelnen Phasen **systematisch Methoden** eingesetzt werden, die grundsätzlich aus der Six Sigma Methodik stammen, die für die Anwendung im Lean Production System nicht nur integriert, sondern auch übertragen, bzw. neu konzipiert werden müssen. Um die methodischen Schwachstellen zu beseitigen, spielen der Einsatz von **Statistik** und die Erweiterung des **Methodenportfolios** eine zentrale Rolle. Folgende Methoden werden eingesetzt:

- Die Definition des Projektes erfolgt mit Elementen der Six Sigma Methodik. Sie werden an die vorliegenden Anforderungen angepasst und erweitert (Kapitel 4.3.1).
- Eine der wichtigsten Methoden, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt werden, besteht darin, das bisher qualitative Lean-Zielsystem „Vermeidung von Verschwendung“ systematisch, objektiv und mathematisch fundiert messbar zu machen. Dies gelingt durch die Übertragung des statistischen Ansatzes aus der Six Sigma Methodik mit dem Zielwert 6σ (Kapitel 4.3.2). Neben dieser Performance-Messung wird eine Methode gezeigt, die auch das Messen des Lean-Umsetzungsstandes (Kapitel 4.3.3) ermöglicht.
- Das sogenannte „House-of-Lean-Quality“ in der Analyse Phase basiert konzeptionell auf dem „House-of-Quality“ des Quality Function Deployments (QFD). Die Übertragung der Grundelemente dieser Methode auf das Verfahren dieser Arbeit gestattet es, die Schwachstellen des betrachteten Produktionssystems in analytischer und transparenter Art und Weise abzuleiten (Kapitel 4.3.4).
- In der Improve Phase werden Six Sigma Roadmaps (Kapitel 4.3.5) entwickelt, die auch die Einführung der notwendigen Lean-Methoden systematisch begleiten sollen.
- Die abschließende Erfolgskontrolle in der Control Phase erfolgt mit Hilfe eines Radardiagramms (Kapitel 4.3.6).

4.2 Systematisches Vorgehen

In diesem Kapitel wird die Standardisierung der einzelnen Phasen des DMAIC-Zyklus vorgestellt. Dementsprechend werden in den folgenden Unterkapiteln die Inhalte der Define (Kapitel 4.2.1), Measure (Kapitel 4.2.2), Analyze (4.2.3), Improve (4.2.4) und Control (Kapitel 4.2.5) Phasen erläutert.

4.2.1 Define: Projektdefinition

Das Ziel der Define Phase besteht darin, den Umfang und die Aufgaben des Projektes möglichst klar zu definieren, um einen zielorientierten Projektablauf sicherzustellen.

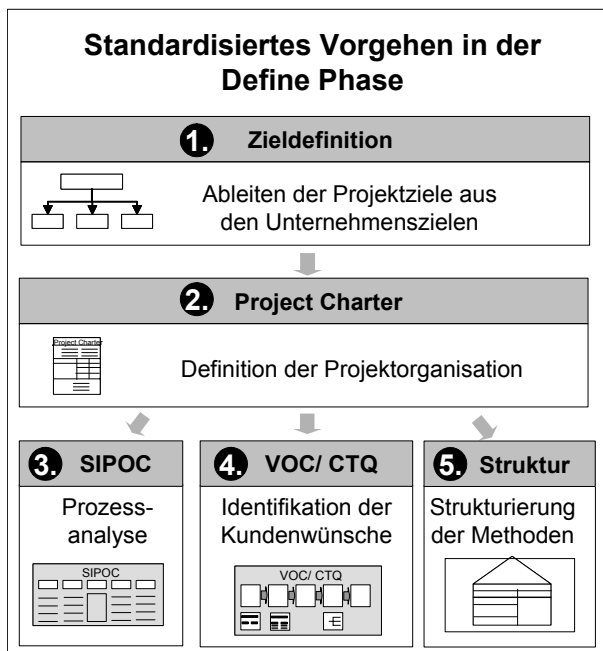


Abbildung 30: Standardisiertes Vorgehen in der Define Phase

Zu diesem Zweck wird im ersten Schritt eine Zieldefinition des Projektes vorgenommen. Die Zieldefinition sollte durch das Management oder in Abstimmung mit dem Management erfolgen und sich aus den übergeordneten Unternehmenszielen ableiten. Damit wird gewährleistet, dass das Projekt mit der Unternehmensstrategie konform ist und vom Management unterstützt wird. Im zweiten Schritt findet die Six Sigma Methodik in Form einer Project Charter Anwendung. Dadurch werden die Projektinhalte, -ziele, -aufgaben, -verantwortlichkeiten festgehalten, die Teammitglieder benannt und der Zeitplan vorgegeben. In diesem Schritt werden die Zielwerte im Sinne von Six Sigma in Form des σ -Niveaus (s. Kapitel 4.3.2) ausgedrückt. Die SIPOC-Methode im nächsten Schritt verschafft dem Projektteam einen ersten Einblick in den betroffenen Prozess des betrachteten Produktionssystems. Die VOC/CTQ Methode im vierten Schritt des standardisierten Vorgehens soll sicherstellen, dass die Bedürfnisse und Wünsche der betroffenen Kunden in der richtigen Weise berücksichtigt werden. Für das Vorgehen zur Konfiguration eines Lean Production Systems wären die Kunden beispielsweise die Abteilungsleiter der betroffenen Fachbereiche. Eine wesentliche Ergänzung in der Define Phase des Vorgehens im Lean Production System im Vergleich zur reinen Six Sigma Methodik stellt der Schritt der „Strukturbildung“ dar. Um den Mitarbeitern den Umfang und die Zusammenhänge der Lean-Methoden zu verdeutlichen, empfiehlt es sich, diese in einer übersichtlichen Struktur darzustellen.

Als Ergebnis dieses mehrstufigen Vorgehens in der Define Phase erzielt man eine eindeutige Projektdefinition und -organisation mit festgelegten Zielen, ein einheitliches Verständnis zum betrachteten Prozess und den Kundenanforderungen und eine unternehmensspezifische Strukturierung, der im Unternehmen eingesetzten oder gewünschten Methoden.

4.2.2 Measure: Systematische Bewertung des Produktionssystems

Die Measure Phase des standardisierten Vorgehens dient dazu, den Zustand des betrachteten Produktionssystems auf systematische Art und Weise zu bewerten, wobei es für die Bewertung zwei grundsätzliche Ansätze gibt: das Messen von Verschwendung und das Messen des Lean-Umsetzungsstandes (s. Abbildung 31). Beide Ansätze finden in der Measure Phase Anwendung.

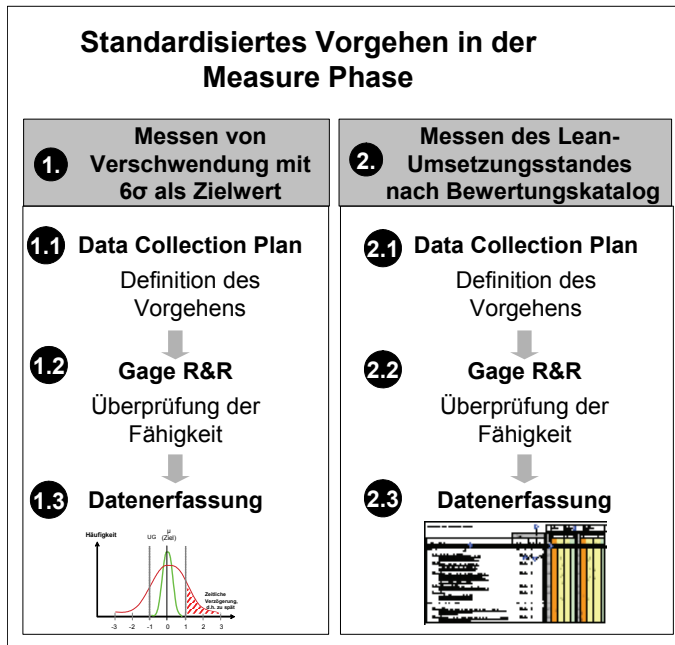


Abbildung 31: Standardisiertes Vorgehen in der Measure Phase

Zunächst wird der Unterschied der beiden Messansätze erklärt. Beim Messen des Lean-Zielsystems, das als „Vermeidung von Verschwendung“ definiert ist (s. Kapitel 2.2.1), soll die tatsächliche Performance des Produktionssystems hinsichtlich der Verschwendungsarten ermittelt werden. Betrachtet man beispielsweise das Lean-Kriterium „Vermeidung von Überproduktion“, soll gemessen werden, wie genau die Einhaltung der avisierten Liefermengen und –termine gelingt. Als Zielwert gilt das 6σ -Niveau.

Beim Messen des Lean-Umsetzungsstandes nach einem speziellen Bewertungskatalog (s. Anhang 9.3) betrachtet man den Umsetzungsgrad der einzelnen Lean-Methoden. Beispielsweise kann gemessen werden, wie gut die Lean-Methode „Heijunka“ implementiert ist. Abbildung 32 verdeutlicht die beiden unterschiedlichen Blickwinkel dieser Messmethoden.

Beide Betrachtungsansätze sind völlig unabhängig voneinander zu betrachten und können theoretisch vollkommen unterschiedliche Messergebnisse aufweisen. Diese objektive und unabhängige Bewertung soll sicherstellen, dass nicht zwangsweise eine vollkommene Implementierung aller Lean-Methoden angestrebt werden muss. Theoretisch wird damit auch der Fall abgebildet, dass ein Produktionssystem keine Lean-Methoden einführen muss, sofern es das Lean-Zielsystem, Vermeidung von Verschwendung, vollständig erfüllt.

Bei beiden Betrachtungsansätzen erfolgt das Messen durch ein analoges Vorgehen. Im ersten Schritt wird der Messumfang und -ablauf mit Hilfe der Methode des Data Collection Plans definiert. Anschließend wird die Fähigkeit (Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit) mittels der Gage R&R Methode überprüft. Abschließend erfolgt die tatsächliche Datenerfassung für beide Betrachtungsansätze (s. Abbildung 31).

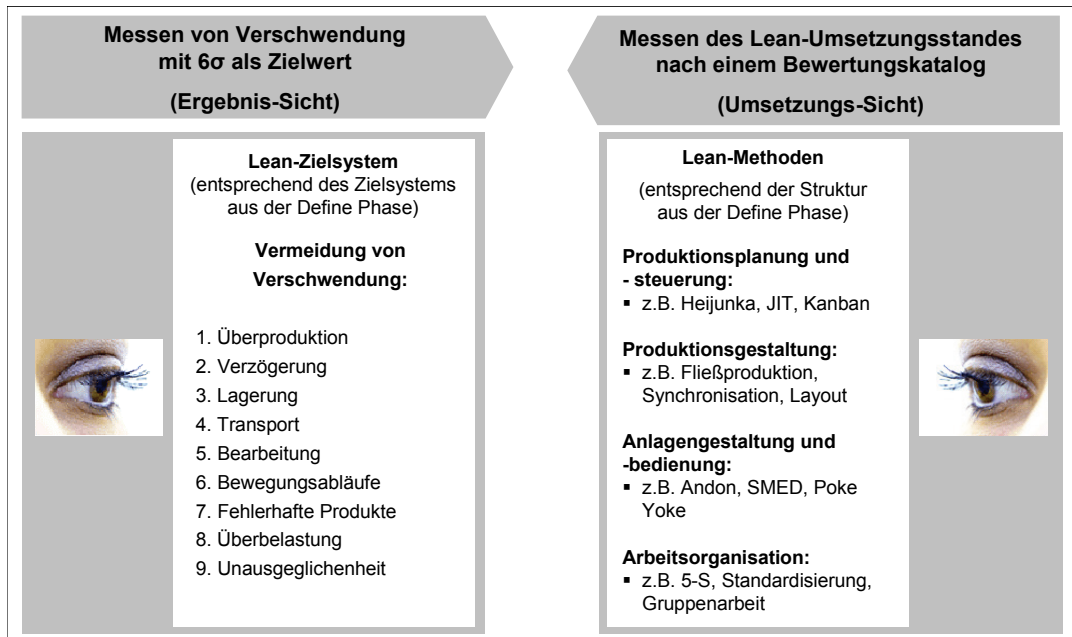


Abbildung 32: Betrachtungsansätze zur Bewertung eines Produktionssystems

Nach Durchführung der Measure Phase liegen folgende Ergebnisse vor:

- eine objektive Ergebnismessung hinsichtlich der Kriterien der Verschwendungsarten mit einem statistisch ermittelten und vergleichbaren σ -Wert (s. Kapitel 4.3.2)
- eine systematische Bewertung des Umsetzungsstandes der Lean-Methoden im betrachteten Produktionssystem (s. Kapitel 4.3.3).

4.2.3 Analyse: Analyse des Produktionssystems

Das Ziel der Analyse Phase besteht darin, anhand der Messergebnisse herauszufinden, welche Lean-Methoden eingeführt oder optimiert werden sollten, um eine größtmögliche Verbesserung des Gesamtsystems zu erreichen.

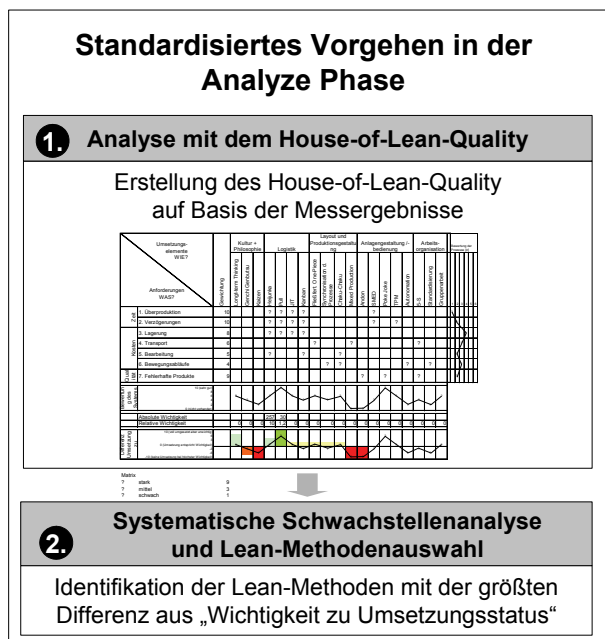


Abbildung 33: Standardisiertes Vorgehen in der Analyse Phase

Um diese komplexe Aufgabenstellung auf systematische Weise zu lösen, wird im ersten Schritt der Analyse Phase die Methode des House-of-Lean-Quality eingesetzt (s. Abbildung 33). Diese Methode wurde entwickelt, um die Zusammenhänge aus den Ergebnismessungen und den Umsetzungsmessungen strukturiert abbilden zu können (s. Kapitel 4.3.4). Durch eine Matrixverknüpfung werden die Ergebnisse in Korrelation zum Unterstützungsgrad der einzelnen Lean-Methoden gebracht. Als Ergebnis der Analyse zeigt sich nicht nur die Wichtigkeit der einzelnen Lean-Methoden für das Produktionssystem, sondern auch deren Abweichung hinsichtlich der Umsetzung. Die Lean-Methoden mit der größten Differenz von „Wichtigkeit zu Umsetzung“ stellen die bedeutendsten Schwachstellen des betrachteten Produktionssystems dar (s. Abbildung 33). Diese Lean-Methoden, die auf systematische und nachvollziehbare Weise ausgewählt wurden, haben das größte Verbesserungspotenzial für das Gesamtsystem.

4.2.4 Improve: Verbesserung des Produktionssystems

In der Improve Phase soll das Produktionssystem systematisch verbessert werden. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen die Lean Methoden, deren Umsetzung in der Analyse Phase als Schwachstellen identifiziert wurde.



Abbildung 34: Standardisiertes Vorgehen in der Improve Phase

Im ersten Schritt der Improve Phase erfolgt die Initiierung der Verbesserungsprojekte (s. Abbildung 34). Dabei findet zunächst die Definition der Verbesserungsprojekte statt. Wurde beispielsweise in der Analyse Phase die Lean-Methode SMED als Schwachstelle erkannt, so könnte die Definition für das Verbesserungsprojekt wie folgt lauten: „Reduzierung der Rüstzeit im Maschinenbereich A um 50%“. Im Anschluss an die Projektdefinition erfolgt eine Priorisierung. Grundsätzlich gibt das House-of-Lean-Quality bereits eine Priorisierung anhand der Differenz von „Umsetzung zu Wichtigkeit“ vor. Darüber hinaus sind jedoch Abhängigkeiten zwischen einigen Lean-Methoden zu berücksichtigen, da manche Lean-Methoden auf den Ergebnissen anderer Lean-Methoden auf. So bildet zum Beispiel ein schneller Rüstwechsel (SMED) die Voraussetzung für eine effiziente Fließfertigung nach dem Mixed Production Prinzip. Daraus ergibt sich eine Zwangsreihenfolge bei der Einführung mancher Lean-Methoden. Unabhängig von diesen methodischen Aspekten können bei der Priorisierung weitere Aspekte, unter anderem unternehmensinterne Faktoren, wie z. B. Personalkapazität, wirtschaftliche Situation des Unternehmens, Kenntnisstand der Mitarbeiter, Fokus des Managements, eine Rolle spielen. Als Ergebnis ergibt sich eine Liste der notwendigen und priorisierten Verbesserungsprojekte.

Im zweiten Schritt der Improve Phase erfolgt die Umsetzung der einzelnen Verbesserungsprojekte. Damit auch die Umsetzung systematisch und methodengestützt abläuft, kommt für jedes Projekt eine sogenannte Six Sigma Roadmap als Umsetzungsguide (s. Kapitel 4.3.5) zum Einsatz. Durch diese Roadmaps wird der konsequente Einsatz des DMAIC-Zyklus als Vorgehensstruktur in Verbindung mit dem standardisierten Einsatz von Lean- und Six Sigma Methoden in den jeweiligen Phasen gewährleistet.

4.2.5 Control: Kontrolle der Zielerreichung

Nach der Umsetzung der Verbesserungsprojekte besteht die Aufgabe der Control Phase darin, die erreichten Ergebnisse zu messen, deren Zielerreichung zu überprüfen und deren Nachhaltigkeit sicherzustellen. Um diese Aufgabe zu erfüllen, empfiehlt die Six Sigma Methodik den Aufbau eines geeigneten Kontrollsystems. Entsprechend der Anforderungen können Kontrollsysteme unterschiedlichste Ausprägungsformen, z. B. hinsichtlich des Betrachtungsschwerpunktes, der Datentypen, der Darstellungsformen und des Umfangs haben. Beispielhaft seien Kontrollsysteme wie die Balanced Score Card, das EFQM-Modell [EFQM00] oder Audits in Form der DIN ISO 16949:2009 [NORM16] genannt.

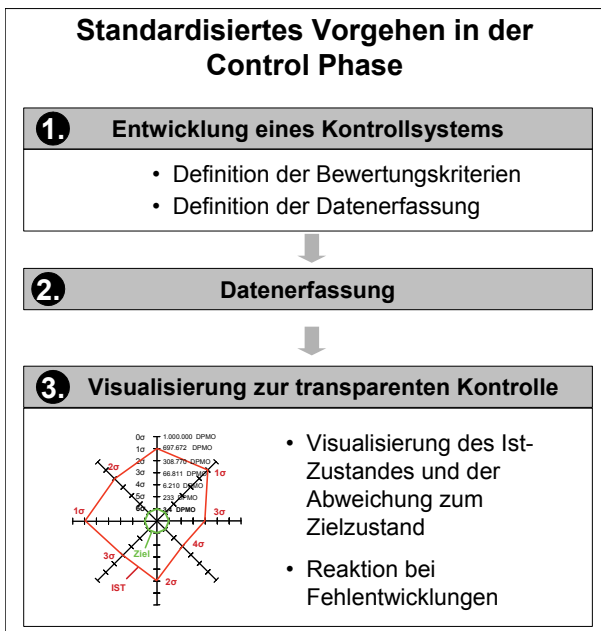


Abbildung 35: Standardisiertes Vorgehen in der Control Phase

Bei der Erstellung eines Kontrollsystems sollten im ersten Schritt die zu kontrollierenden Kriterien definiert und deren Zielwerte benannt werden (s. Abbildung 35). Im Rahmen dieses Verfahrens bietet es sich an, die in der Define Phase festgelegten Lean-Kriterien (Verschwendungsarten) und deren 6 σ -Zielwerte weiter anzuwenden. Bei der Verwendung dieser Kriterien ergeben sich folgende Vorteile:

- Direkte Vergleichbarkeit zum Anfangszustand, aufgrund identischer Kriterien und einheitlicher Bewertungsweise
- Einheitliche Kriterien im gesamten Projektablauf
- Datenkonsistenz aufgrund identischer Datenerfassung
- Geringer Implementierungsaufwand, da die Verfahren zur Datenerfassung bereits bekannt und etabliert sind
- Die Verwendung dieser Kriterien und deren Bewertung mittels des 6 σ -Zielwertes lässt eine unternehmensweite Übertragbarkeit mit vergleichbarem Maßstab zu.

Darauf aufbauend erfolgt die Definition der Datenerfassung. Analog zur Measure Phase steht der Data Collection Plan als Six Sigma Methode zur Verfügung. Für eine zeitnahe und häufige Aktualisierung der Daten bietet es sich an, die Datenerfassung zu standardisieren und zu automatisieren. Der Aufwand für die Datenaufbereitung lässt sich damit eingrenzen.

Nachdem die Daten erfasst und ausgewertet sind, sollten die Ergebnisse für eine transparente Kontrolle visualisiert werden. Um die Kernaussagen einfach kommunizierbar und für Außenstehende leicht verständlich zu machen, konzentriert sich die Darstellung idealerweise inhaltlich auf die zentralen Aussagen und ist formal einfach gestaltet.

Die Six Sigma Methodik bietet hierfür verschiedene Hilfsmittel und Diagrammtypen, z. B. Regelkarten (Control-Charts), Histogramme, Pareto-Diagramme, Kreisdiagramme an. In den Ausführungen zu den Methoden in Kapitel 4.3.6 wird das Radardiagramm als Diagrammtyp für dieses Verfahren ausgewählt und beschrieben. Dieses Radardiagramm ermöglicht eine einfache Visualisierung des aktuellen Zustandes, der Abweichung zum Zielstand und der erreichten Veränderung für alle Lean-Kriterien. Eine kontinuierliche Bewertung und Kontrolle mit Hilfe dieses Radardiagramms gestattet eine zeitnahe Reaktion bei Fehlentwicklungen, z. B. Verschlechterung der Ergebnisse, geringe Verbesserungsgeschwindigkeit.

4.3 Systematischer Methodeneinsatz

Wie Abbildung 29 zeigt, kommen in jeder Phase des systematischen Vorgehens ausgewählte Methoden zum Einsatz. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Methoden erläutert, die im Vorgehen eine zentrale Rolle spielen, bzw. speziell für den Einsatz im Lean Production System weiterentwickelt wurden. Die Methoden zur Projektdefinition zeigt Kapitel 4.3.1. In den Kapiteln 4.3.2 und 4.3.3 werden Methoden zum Messen von Verschwendung mit 6σ als Grenzwert und zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes erläutert. Die Schwachstellenanalyse mit dem House-of-Lean-Quality beinhaltet Kapitel 4.3.4. Auf die Umsetzung mit Six Sigma Roadmaps und die abschließende Erfolgskontrolle mit einem Radardiagramm wird in den Kapiteln 4.3.5 und 4.3.6 eingegangen.

4.3.1 Projektdefinition mit Six Sigma Methoden

Die Projektdefinition mit der Six Sigma Methodik umfasst die Methoden Zieldefinition, Project Charter, SIPOC und VOC. Die theoretischen Grundlagen dieser Methoden wurde in den Kapiteln 2.4.4.1 bis 2.4.4.3 bereits ausführlich erläutert. Die Folgenden Erläuterungen beschränken sich daher auf die notwendigen Anpassungen für die Anwendung im Lean Production System. Als Ergänzung zu den bekannten Six Sigma Methoden wird in diesem Kapitel die Methode der Strukturierung eingeführt.

1. Zieldefinition

Grundsätzlich besteht das Ziel des systematischen Vorgehens darin, nur jene Lean-Methoden herauszugreifen, die eine zielkonforme Verbesserung bewirken. Im Sinne einer konsequenten Ausrichtung des Vorgehens nach dem Lean Production System bildet das Lean-Zielsystem den Mittelpunkt der Zieldefinition. Damit lassen sich Zielvorgaben für die einzelnen Verschwendungsarten, z.B. für die Bestände, vorgeben.

2. Project Charter

Für die Konfiguration eines Lean Production Systems ist die verbindliche Unterstützung durch das Management besonders wichtig. Aus diesem Grund sollte darauf geachtet werden, dass die Project Charter mit dem Management-Team entwickelt wird und diese auch als verantwortliche Mitglieder aufgeführt sind.

3. SIPOC

Im Gegensatz zur SIPOC-Erstellung im Rahmen der Six Sigma Methodik steht nicht die Betrachtung möglicher Fehlerquellen im Fokus sondern die erste Erkenntnis möglicher Verschwendungen. Das Value Stream Mapping kann hierbei die Erstellung des SIPOC unterstützen (s. 2.4.4.2).

4. VOC

Im Rahmen der Konfiguration eines Lean Production Systems werden die Kunden in der Regel intern sein. Im Sinne des Lean Production Systems sollten nicht nur Mitarbeiter in leitenden Funktionen, sondern auch Werker einbezogen werden. Dies sichert ein umfassendes Feedback zu den Vorstellungen und Ideen aller Hierarchiestufen (s. Kapitel 2.4.4.3).

5. Struktur

Viele Unternehmen, die das Lean Production System erfolgreich implementiert haben, stellten fest, dass eine Strukturierung und Visualisierung der einzelnen Methoden zu einem besseren Verständnis und damit zu einer höheren Akzeptanz des Produktionssystems führten. Über allgemein gültige Darstellungsformen hinaus, z. B. 2-Säulen-Modell von OHNO [OHNO93, S.30], Kaizen-Schirm von IMAI [IMAI96, S.25], haben die Unternehmen daher individuelle Darstellungs- und Strukturierungsformen für ihr Produktionssystem entwickelt, z. B. in Form eines Hauses (TRUMPF GmbH + Co. KG, MAN SE), eines Fabrikgebäudes (Daimler AG) oder eines Satellitensystems (Valeo).

Im Rahmen des systematischen Methodeneinsatzes wird daher empfohlen, ein Strukturmodell für das jeweilige Unternehmen zu definieren, um den Mitarbeitern ein klares Verständnis zum Umfang und zu den Zusammenhängen der Methoden zu geben. In der Regel erfolgt eine derartige Definition in einem mehrstufigen Prozess (s. Abbildung 36) im Managementkreis, unterstützt von internen oder externen Fachexperten. Nach dem Sammeln von Elementen, z. B. in Form von Brainstorming, erfolgt die Auswahl der für das Unternehmen relevanten Elemente. Hierzu kann beispielsweise die Methode der Punktbewertung genutzt werden. Abschließend erfolgt die Entwicklung eines Visualisierungsmodells, das die Zusammenhänge und Elemente in einer einprägsamen Form auf leicht verständliche Weise wiedergeben soll.

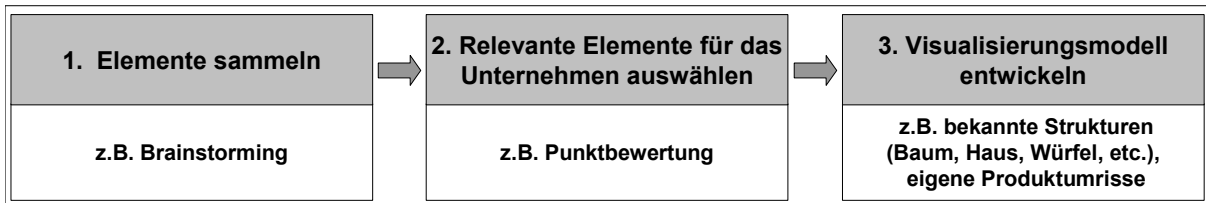


Abbildung 36: Entwicklung der unternehmensindividuellen Struktur

Zur Verdeutlichung wurde für diese Arbeit eine Struktur entwickelt, die neben der Lean Philosophie und den Lean-Elementen auch die systematische Vorgehensweise und die Six Sigma Methoden umfasst (s. Abbildung 37).

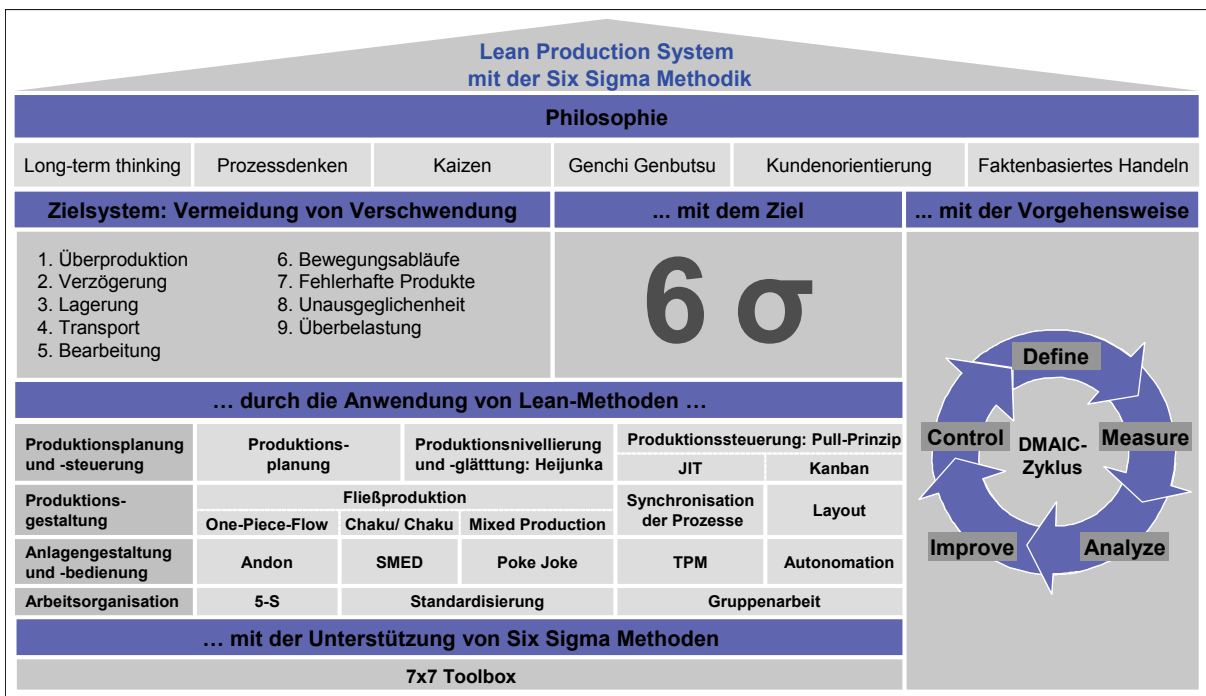


Abbildung 37: Strukturbild: Lean Production System mit der Six Sigma Methodik

4.3.2 Messen von Verschwendung mit 6σ als Zielwert

Eine zentrale Schwachstelle des Lean Production Systems, die in der Bewertung mit Hilfe des TÖPFER Bewertungssystems identifiziert wurde, besteht in der mangelnden statistischen Bewertung des Lean-Zustandes (s. Kapitel 2.3). Um diese Schwachstelle zu beheben, wird in diesem Kapitel ein Bewertungssystem entwickelt, das auf der Six Sigma Statistik basiert. Abbildung 38 verdeutlicht das Vorgehen hierzu.

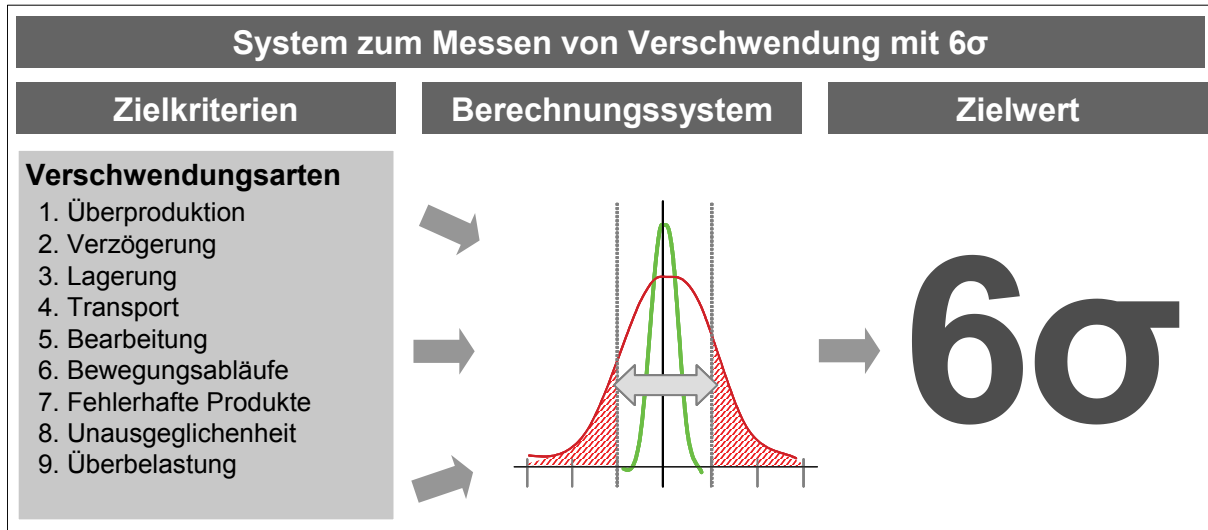


Abbildung 38: Entwicklung eines Systems zum Messen von Verschwendung mit 6σ

Als Zielkriterien dienen die Verschwendungsarten (s. Kapitel 2.2.1). Bisher gab es für diese Verschwendungsarten weder ein Berechnungssystem noch einen Zielwert, es wurde lediglich das „Vermeiden“ in qualitativer Form gefordert. Zur statistischen Bewertung dieser Verschwendungsarten wird nun das Berechnungssystem aus der Six Sigma Methodik übertragen. Dadurch lassen sich für alle Verschwendungsarten die Zielwerte in Form von 6σ oder 3,4 DPMO definieren. Im Folgenden wird das Berechnungssystem für die einzelnen Verschwendungsarten vorgestellt.

1. Überproduktion

Nach den Ausführungen in Kapitel 2.2.1 kann Überproduktion in zeitlicher und mengenmäßiger Form auftreten. Dies bedeutet, dass Aufträge entweder zu früh oder in zu großer Menge fertig gestellt worden sind. Das Unterschreiten des Soll-Termins oder das Überschreiten der Menge wird im Sinne von Six Sigma als „Defect“ bezeichnet. Die Toleranzgrenzen müssen vom Unternehmen in Abhängigkeit der Sensitivität der Prozesse und der Fertigungsmengen festgelegt werden. Selbstverständlich hat das Festlegen der Toleranzgrenzen einen wesentlichen Einfluss auf das Bewertungsergebnis des Zielkriteriums. Ähnlich einer Qualitätsvorgabe führt die Definition eines großen Toleranzbereiches zu einem scheinbar „guten“ Ergebnis und umgekehrt. Es ist daher von größter Bedeutung, diese Grenzen den Anforderungen entsprechend festzusetzen. In der Praxis können diese entweder durch eine Zielvorgabe (s. Define Phase in Kapitel 4.2.1) definiert sein oder anhand eines Idealszenarios formuliert werden. Anhand der Produktionsdaten lässt sich nun die Anzahl der „Defects“ ermitteln und mit Hilfe der Six Sigma Berechnung (s. Kapitel 2.4.3) der σ- bzw. DPMO-Wert ableiten.

Abbildung 39 verdeutlicht die Bewertung von Überproduktion anhand eines Beispiels. Über einen bestimmten Zeitraum wurden hierfür die Fertigungsaufträge ausgewertet.

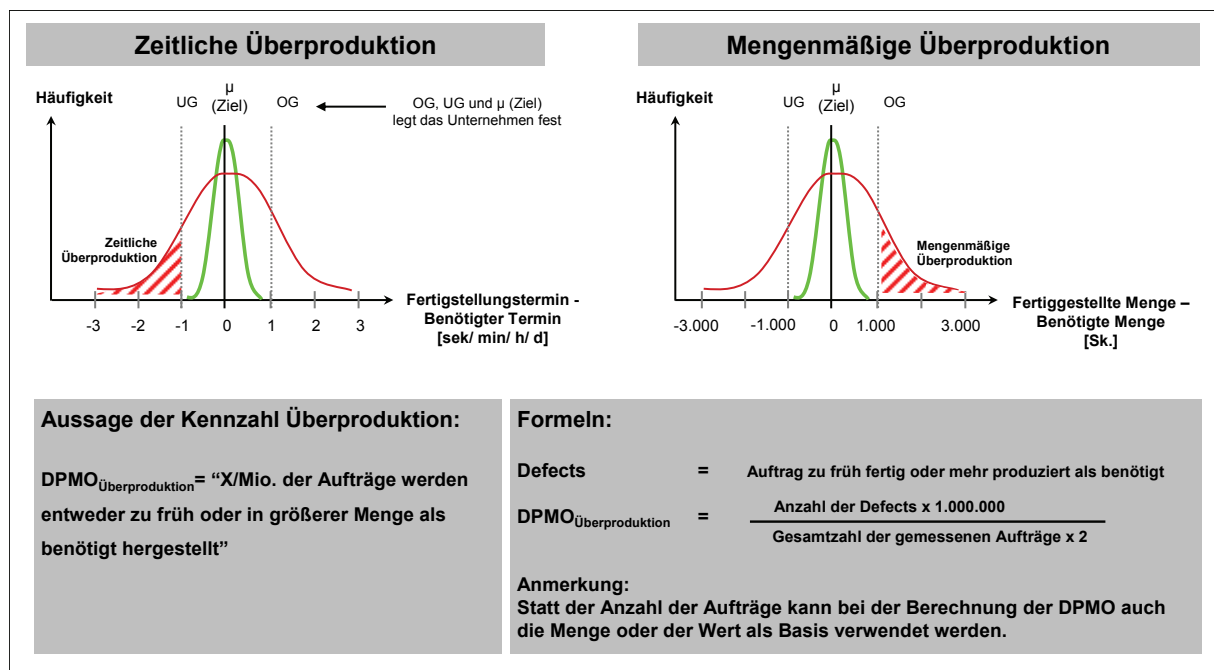


Abbildung 39: Messen von Überproduktion mit 6σ als Zielwert

Die zeitliche Überproduktion ergibt sich als Differenz von tatsächlichem Fertigstellungstermin und benötigtem (geplantem) Termin. Je nach Anforderung kann die Zeiteinheit und damit die Präzision (Sekunden, Minuten, Tage, o. ä.) gewählt werden. Wurde ein Produkt beispielsweise am 14.07.2009 fertiggestellt, aber erst am 15.07.2009 benötigt, so ergibt sich „-1 Tag“ als Differenz, also eine zeitliche Überproduktion von einem Tag (s. Abbildung 39).

Die Berechnung der mengenmäßigen Überproduktion verläuft analog, wobei hier die Differenz von fertig gestellter Menge und benötigter Menge gebildet wird. Wurden beispielsweise 5.000 Stk. gefertigt, aber nur 4000 Stk. benötigt, so liegt die mengenmäßige Überproduktion bei 1.000 Stk. (s. Abbildung 39).

Die Häufigkeit, mit der diese beiden Arten der Überproduktion vorkommen, zeigen die Diagramme in Abbildung 39. Weiterhin sind in den Diagrammen auch die zwei Toleranzgrenzen (UG= untere Toleranzgrenze, OG= obere Toleranzgrenze) eingezeichnet, die hier wie folgt festgelegt sind:

- Zeitliche Überproduktion (Fertigstellungstermin - benötigter Termin): ± 1 Tag
- Mengenmäßige Überproduktion (fertiggestellte Menge – benötigte Menge): ± 1.000 Stück

Die beiden schraffierten Bereiche (unterhalb UG bei zeitlicher Überproduktion, oberhalb OG bei mengenmäßiger Überproduktion) kennzeichnen den Bereich der „Defects“.

Für das Beispiel wird angenommen, dass 200 Aufträge untersucht wurden, wovon 10 zu früh (zeitliche Überproduktion) und 15 mit einer zu großen Menge (mengenmäßige Überproduktion) fertiggestellt wurden. Demnach lassen sich der DPMO-Wert und das Sigma-Niveau wie folgt errechnen:

$$DPMO_{\text{Überproduktion}} = \frac{\text{Anzahl der Defects} \times 1.000.000}{\text{Gesamtzahl der gemessenen Aufträge} \times 2} = \frac{(10+15) \times 1.000.000}{200 \times 2} = 62.500 \text{ DPMO}$$

$$\text{Sigma-Niveau} = \text{inv}(\Theta(x)) + 1,5 = \text{inv}(\Theta(1-62.500/1.000.000)) = 3,03 \text{ (durch Iteration, bzw. lt. Tabelle)}$$

Für die Anzahl der Defects summiert man die Defects aus zeitlicher und mengenmäßiger Überproduktion. Die Gesamtzahl der gemessenen Aufträge beträgt 200. Da es zwei „Opportunities“, nämlich die zeitliche und die mengenmäßige Verzögerung gibt, enthält die Berechnung den Faktor 2

im Nenner. Der errechnete DPMO-Wert gibt an, bei wie vielen Fertigungsaufträge pro Mio. eine zeitliche und/ oder mengenmäßige Überproduktion vorliegt. Im Beispiel kann man bei 62.500 Aufträgen pro einer Million Aufträgen mit dem Defect „Überproduktion“ ausgehen. Diese entspricht einem Sigma-Niveau von 3,03.

2. Verzögerung

Das Zielkriterium „Verzögerungen“ wird in Analogie zu dem Kriterium „Überproduktion“ gemessen und bewertet. Auch hierbei wird zwischen zeitlichen und mengenmäßigen Abweichungen differenziert. Allerdings werden bei Verzögerungen die Aufträge als „Defects“ gemessen, die zu spät oder in zu geringer Menge fertiggestellt werden (s. Abbildung 40).

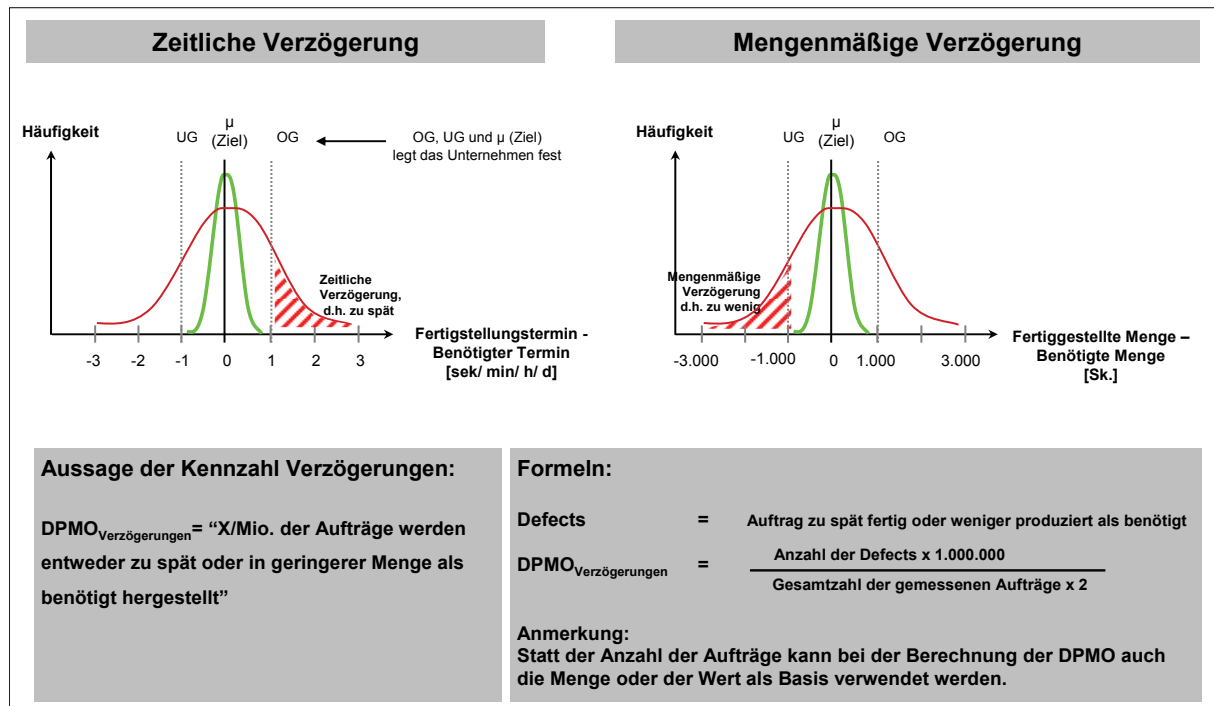


Abbildung 40: Messen von Verzögerungen mit 6σ als Zielwert

3. Lagerung

Lagerbestände können in verschiedenen Prozessschritten und unterschiedlichen Formen auftreten. Entsprechend der Prozesskette ergibt sich der Gesamtlagerbestand aus den Einzelbeständen im Rohstofflager, im Prozess (Work in Process = WIP) und im Fertigwarenlager. Die Bewertung der einzelnen Lagerbestände erfolgt in der Regel mittels des monetären Wertes. Bei gleichartigen Produkten mit ähnlichem Wertgefüge kann auch die Stückzahl als Einheit herangezogen werden. Die Häufigkeit der ermittelten Werte ergibt die Verteilungskurven für die einzelnen Lagerbestände (s. Abbildung 41). Die Toleranzgrenzen werden vom Unternehmen z. B. mit Hilfe der Wiederbeschaffungszeit und der notwendigen Lieferfähigkeit festgelegt. Gemessene Lagerbestände, die außerhalb der Lagerbestandtoleranzgrenzen liegen, werden als „Defects“ definiert. Somit kann für jedes Lager der Einzel-DPMO-Wert ermittelt werden (s. Abbildung 41).

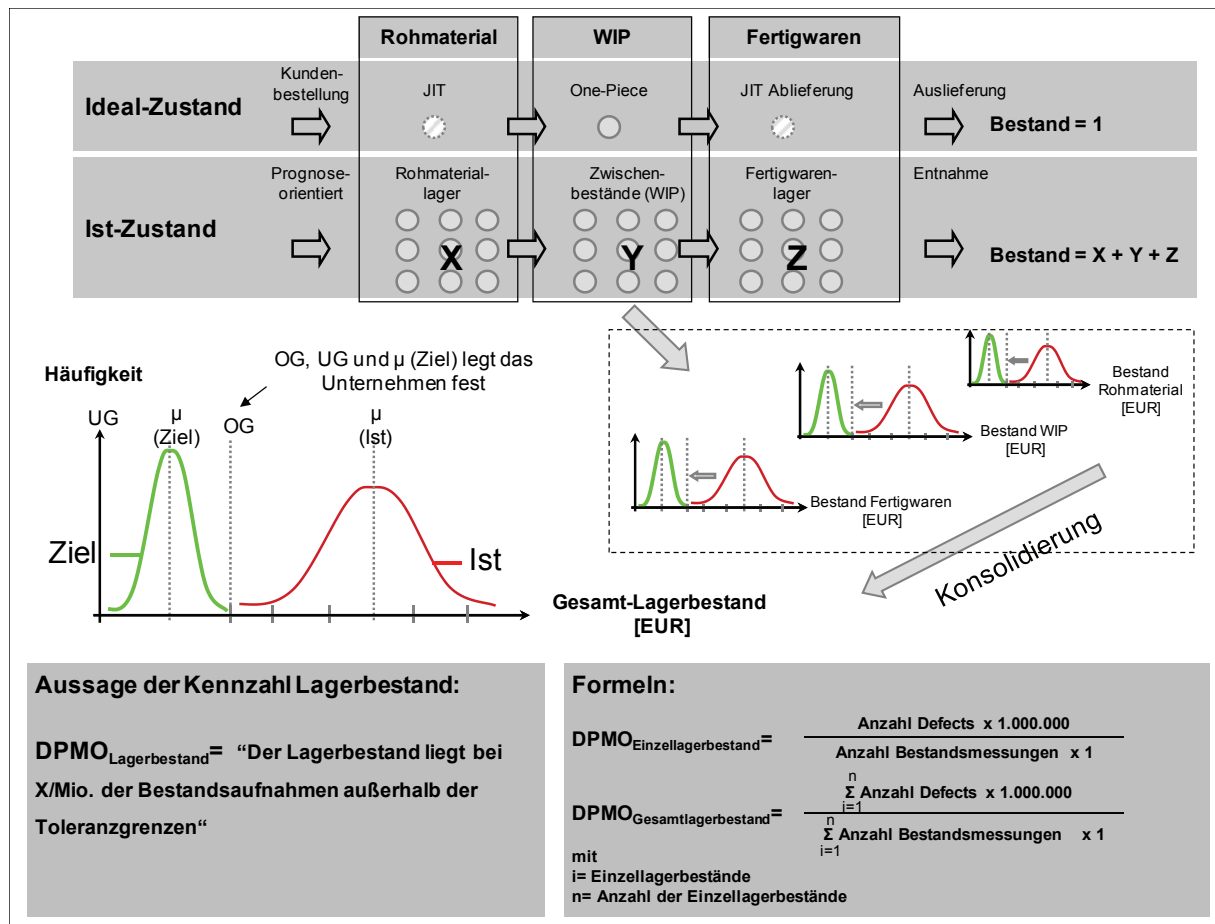


Abbildung 41: Messen des Lagerbestandes mit 6 σ als Zielwert

Möchte man diese Einzel-DPMO-Werte nun zu einer Gesamtkennzahl aggregieren, können diese nicht einfach addiert oder gemittelt werden, da dies aufgrund der fehlenden Gewichtung der gemessenen Einheiten zu falschen Ergebnissen führen würde. Abbildung 42 zeigt die Vorgehensweise für diese Aggregation explizit auf, da sie auch bei der Bewertung weiterer Verschwendungsarten Anwendung findet.

	Prozess 1	Prozess 2	Prozess 3	...	Prozess n
Defects (Toleranzgrenzen des Lagerbestandes verletzt)	D ₁	D ₂	D ₃	...	D _n
Opportunities (O _i = 1, da nur eine Fehlermöglichkeit)	O ₁	O ₂	O ₃	...	O _n
Parts (Lagerbestandsmessungen)	P ₁	P ₂	P ₃	...	P _n
Einzel-DPMO	$\frac{D_1 \times 1.000.000}{P_1 \times O_1}$	$\frac{D_n \times 1.000.000}{P_2 \times O_2}$	$\frac{D_3 \times 1.000.000}{P_3 \times O_3}$...	$\frac{D_n \times 1.000.000}{P_n \times O_n}$
Gesamt-DPMO	$\frac{\text{Gesamtzahl Defects} \times 1.000.000}{\text{Gesamtzahl (Einheiten} \times \text{Opportunities)}} = \frac{(D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n) \times 1.000.000}{P_1 \times O_1 + P_2 \times O_2 + P_3 \times O_3 + \dots + P_n \times O_n} =$				
	$= \frac{\sum_{i=1}^n D_i \times 1.000.000}{\sum_{i=1}^n (P_i \times O_i)} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \times 1.000.000}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad \text{für } O_i = 1, \quad 1 \leq i \leq n$				

Abbildung 42: Aggregation von Einzel-DPMO-Werten

Entsprechend der Berechnung in Abbildung 42 muss im Zähler die Gesamtzahl der Defects ermittelt werden und im Nenner die Gesamtzahl von „Einheiten x Opportunities“. Somit können je nach Abstraktionsgrad die Einzel-DPMO's bis hin zu einer Gesamtkennzahl für den gesamten Lagerbestand zusammengefasst werden (s. Abbildung 41).

4. Transport

Transportbewegungen sind keine wertschöpfenden Tätigkeiten. Als Transportbewegung wird die Länge des Weges, die die Einzelteile und Komponenten bis zur Fertigstellung des Produktes zurücklegen, definiert. Je nach Entfernung wird die passende Längeneinheit, z. B. Zentimeter, gewählt. Ähnlich der Bewertung der Lagerbestände entstehen hierbei Transportbewegungen in verschiedenen Fertigungsstufen. Die DPMO-Raten dieser Einzelbewertungen können zu einer Gesamt-DPMO-Rate für ein Produkt oder das Unternehmen zusammengefasst werden. Als Defect wird eine Messung definiert, bei der die Weglänge außerhalb der festgelegten Toleranzgrenzen liegt (s. Abbildung 43). Da Transportbewegungen immer eine Art der Verschwendung darstellen, liegt die untere Toleranzgrenze bei 0 Längeneinheiten. Die obere Toleranzgrenze kann das Unternehmen, beispielsweise anhand eines Ideal-Layouts (dichtest gepackte Fertigungslinie) festlegen, (s. Abbildung 43). Das Unternehmen muss auch entscheiden, ob automatisierte Transportbewegungen (z. B. Fließband) genauso in die Bewertung eingehen wie nicht-automatisierte Transportbewegungen (z. B. Gabelstaplerverkehr).

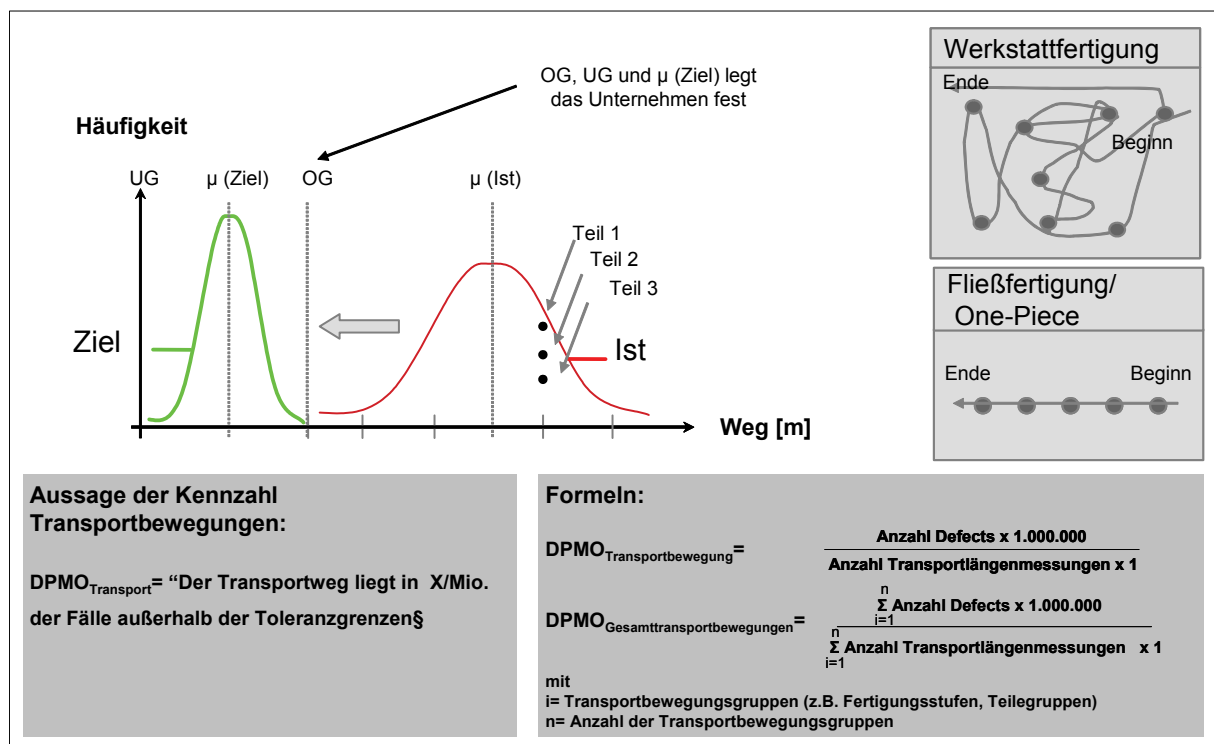


Abbildung 43: Messen von Transportbewegungen mit 6 σ als Zielwert

5. Bearbeitung/ Fertigungskosten

Kapitel 2.2.1 beschreibt, dass die Verschwendungsart „Bearbeitung“ in Form von overprocessing (aufwändiger und präziser als der Kundenwunsch), incorrect processing (unnötige Prozessschritte oder falsche Fertigungstechnologie) und inefficient processing (vorhandene Fertigungstechnologie nicht optimal eingesetzt) auftreten kann. In der Regel gestaltet es sich als schwierig, derartige Verschwendungen in der Bearbeitung zu identifizieren und zu bewerten [s. SHIN92, S.161], da die technischen Potenziale, die besseren Fertigungstechnologien oder die exakten Kundenanforderungen entweder nicht bekannt sind oder nur aufwändig zu ermitteln wären. Als bewertbare Größe werden

daher die Fertigungskosten herangezogen. Diese lassen sich für jedes Teil und jeden Fertigungsschritt (Fertigungszeit x Stundensatz) ermitteln (s. Abbildung 44). Die Toleranzgrenzen müssten korrekterweise wiederum ohne die Verschwendungen in der Bearbeitung festgelegt werden. Aus den genannten Gründen ist dies mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Alternativ können die Toleranzgrenzen mit Hilfe von Zielvorgaben aus Benchmarks oder nach dem Target Costing seitens der Kundenwünsche ermittelt werden. Diese Ermittlung ist lediglich ein Hilfsmittel und kann eine verschwendungsfreie Bearbeitung nicht garantieren, stellt allerdings eine zielkonforme Bewertung sicher. Messungen, bei denen die Fertigungskosten außerhalb der Toleranzgrenzen liegen, werden als „Defects“ bezeichnet. Analog zur Vorgehensweise bei den anderen Verschwendungsarten lassen sich die Einzel-DPMO-Raten zu einer Gesamt-DPMO-Rate der Fertigungskosten aggregieren (s. Abbildung 44).

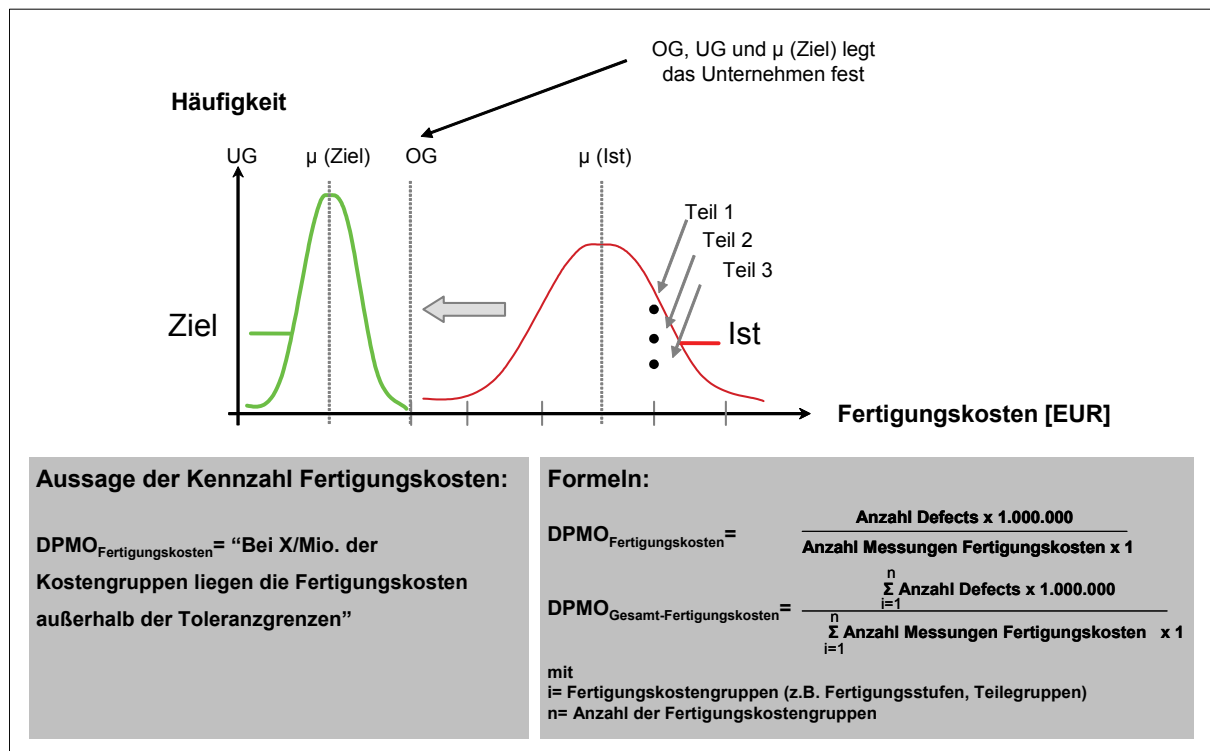


Abbildung 44: Messen der Fertigungskosten mit 6σ als Zielwert

6. Bewegungsabläufe

Die Bewertung der Effizienz von Bewegungsabläufen ergänzt die Bewertung der Fertigungskosten. Während bei den Fertigungskosten vorrangig die maschinellen Abläufe betrachtet werden, stehen bei der Bewertung der Bewegungsabläufe die manuellen Tätigkeiten, z. B. Montage- oder Handlingvorgänge im Vordergrund. Bewegungsabläufe können mit Hilfe der Zykluseffizienz bewertet werden. Die Zykluszeit ist definiert als die tatsächliche Zeitdauer zwischen dem Beginn und dem Ende eines Prozessschrittes [TRAE94, S.41]. Die Zykluseffizienz ergibt sich aus dem Verhältnis von wertschöpfender Zeit zu Zykluszeit. Die Toleranzgrenzen legt das Unternehmen entsprechend des Prozesses fest, wobei automatisierte Prozesse im Regelfall eine höhere Zykluseffizienz erreichen können. Liegt die errechnete Zykluseffizienz einer Messung außerhalb der Toleranzgrenzen, gilt sie als „Defect“ (s. Abbildung 45).

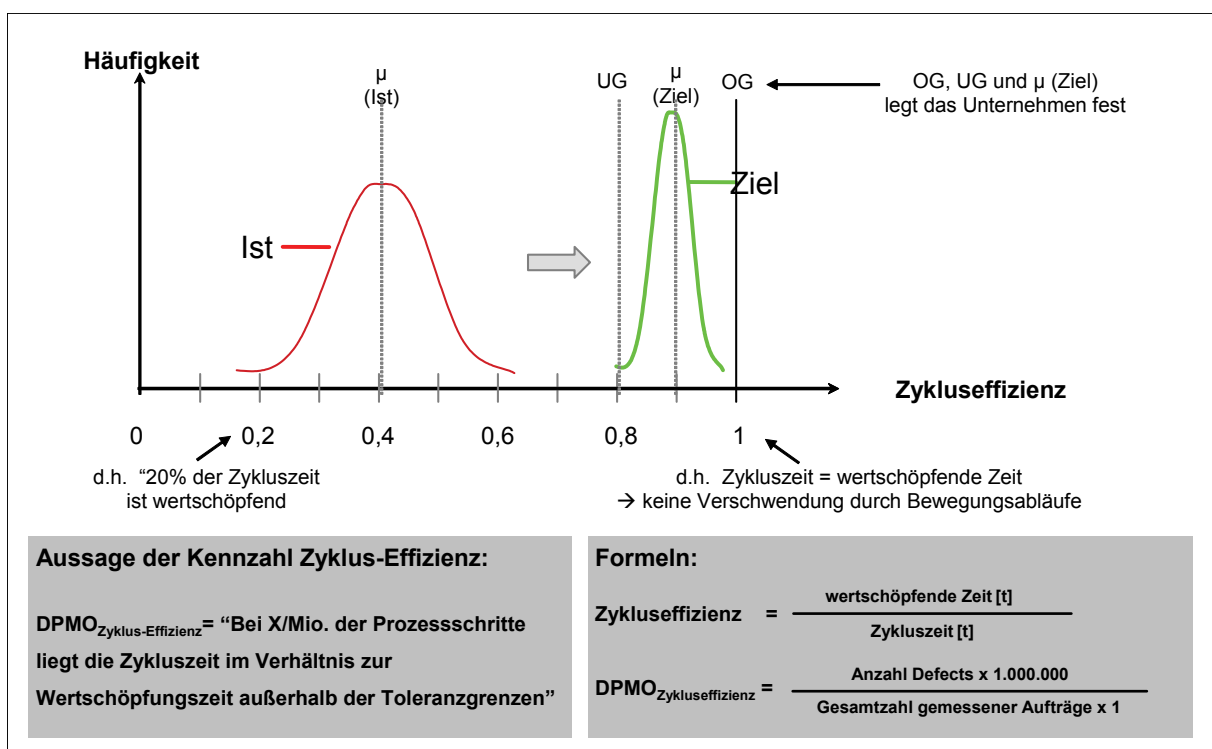


Abbildung 45: Messen von Bewegungsabläufen mit 6σ als Zielwert

7. Fehlerhafte Produkte

Die Bewertung der fehlerhaften Produkte, bzw. des Ausschusses, ist eine klassische Six Sigma Aufgabe.

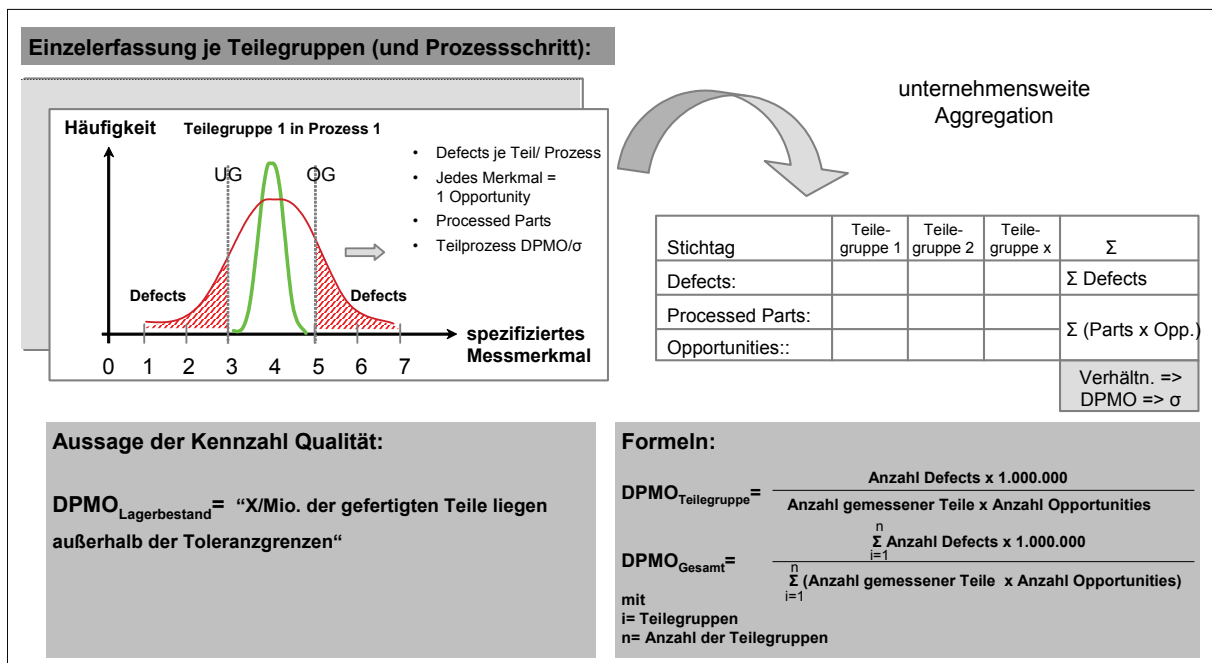


Abbildung 46: Messen von fehlerhaften Produkten mit 6σ als Zielwert

Die zu bewertenden Teile werden nach einem definierten Prozessabschnitt entnommen. Anschließend wird die Fehlerzahl ermittelt. Als Prozessabschnitt kann ein Prozessschritt oder eine Prozesskette gewählt werden. Wie in Kapitel 2.4.3 beschrieben, stellt jede für den Kunden relevante Fehlerart eine

potenzielle Fehlermöglichkeit (=Opportunity) dar. Ein Teil kann damit mehrere Fehlermöglichkeiten oder Opportunities aufweisen. Gleichartige Teile, die eine gleiche Anzahl von Fehlermöglichkeiten aufweisen, können zu Teilegruppen zusammengefasst werden. Liegt der gemessene Wert des Teils bei einer Fehlermöglichkeit außerhalb der Toleranzgrenzen, wird dies als Fehler oder Defect bezeichnet (s. Abbildung 46). Ein Teil oder eine Teilegruppe kann entsprechend der Fehlermöglichkeiten mehrere Defects aufweisen. Die Toleranzgrenzen ergeben sich aus den Kundenvorgaben oder den technischen Spezifikationen. Die Einzel-DPMO Werte können wie bei den vorherigen Beschreibungen zu den gewünschten Aggregationsstufen zusammengefasst werden (s. Abbildung 46).

8. Unausgeglichenheit

Unausgeglichenheit ist ein Resultat einer unzureichenden Produktionsnivellierung und –glättung und führt zu einer Unter- oder Überbelastung der Mitarbeiter und Anlagen (s. Kapitel 2.2.1). Als Messgröße für die Belastung eignet sich bei gleichartigen Teilen die Stückzahl, bei sehr unterschiedlichen Teilen können die notwendigen Produktionszeiten (Planzeiten) herangezogen werden. Je nach Fertigungsart und Betrachtungsfokus lassen sich die Planzeiten aus den Maschinenzeiten (t_i), den Personalzeiten (t_e) und den Rüstzeiten (t_r) zusammensetzen. Die akzeptierte Schwankungsbreite und damit die Unter- und Obergrenze legt das Unternehmen fest. Als Defect wird sowohl ein Überschreiten (Überbelastung) als auch ein Unterschreiten (Unterbelastung) der Toleranzgrenzen betrachtet (s. Abbildung 47). Die gemessenen Einzelwerte ergeben sich aus den Auftragsplanzahlen, die die Steuerung vorgibt. Ein Beispiel soll diese Art der Messung verdeutlichen. In diesem Beispiel handelt es sich um identische Teile, die in einer Serienfertigung ohne Rüstzeit und zu gleichen Maschinenplanzeiten (t_i) von 10 min hergestellt werden können. In einer 8-h Schicht und einem geplanten Nutzungsgrad von 90% können dementsprechend 43 Teile hergestellt werden. Das Unternehmen definiert eine Schwankungsbreite von ± 2 Teilen, das heißt, die Untergrenze liegt bei 41 und die Obergrenze bei 45 Teilen. Anhand der Schichtvorgaben zeigt sich, wie häufig die Stückzahlen außerhalb dieser Toleranzgrenzen liegen und damit wie häufig eine Unter- oder Überbelastung eingeplant wird.

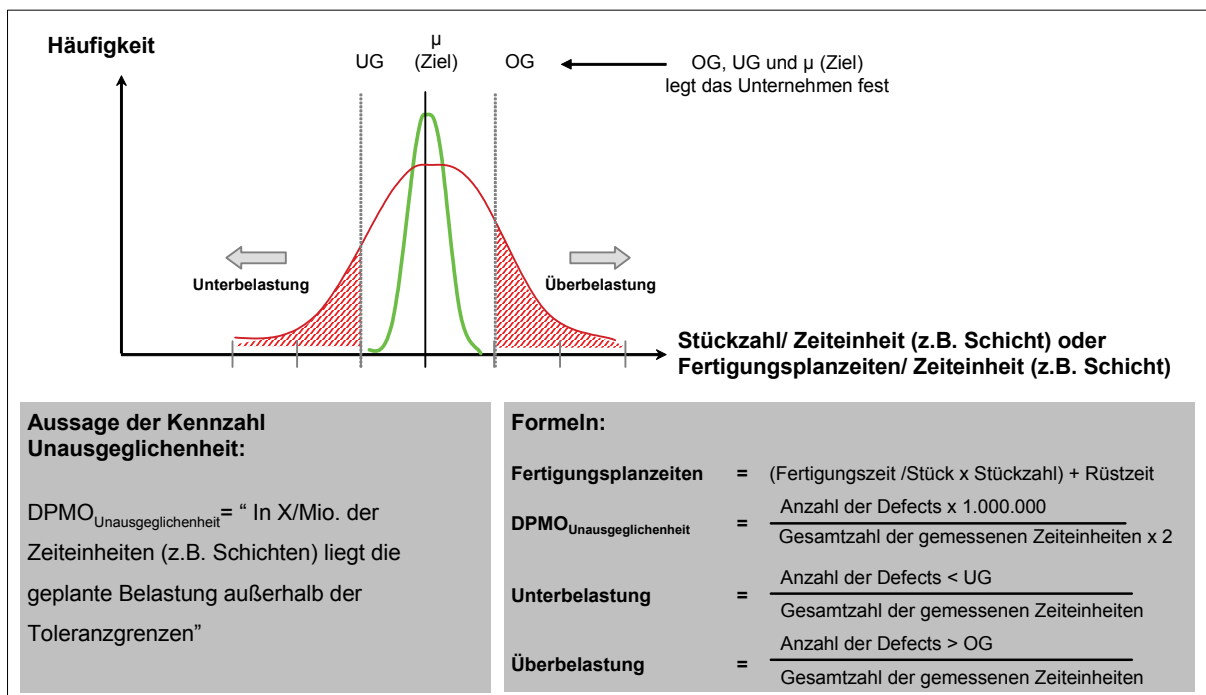


Abbildung 47: Messen von Unausgeglichenheit mit 6σ als Zielwert

9. Überbelastung (Muri)

Überbelastung liegt immer dann vor, wenn Anlagen oder Mitarbeiter über die normalen Limits hinaus beansprucht werden. Nach den Ausführungen von Kapitel 2.2.1 kann Überbelastung sowohl als ein Ergebnis von Unausgeglichenheit sein, als auch ein Ergebnis zu geringer Kapazitäten. Um die reale Belastung zu erfassen, werden für die gemessenen Einzelwerte nicht die Planzahlen oder –zeiten verwendet, sondern die tatsächlich rückgemeldeten Stückzahlen bzw. Fertigungszeiten. Der Zielwert ergibt sich aus den Taktzeiten und dem Nutzungsgrad unter Normalbedingungen. Die übrigen Vorschriften für die Bewertung gestalten sich analog zur Messen der Unausgeglichenheit (s. Abbildung 48).

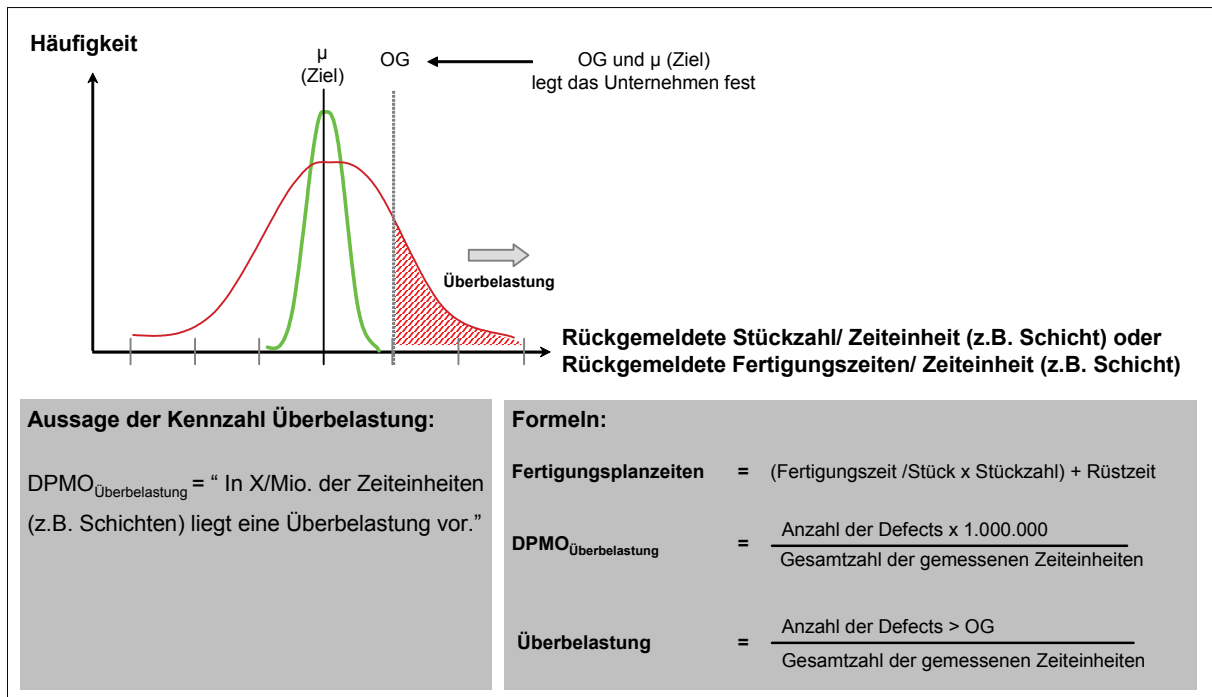


Abbildung 48: Messen von Überbelastung mit 6σ als Zielwert

4.3.3 Messen des Lean-Umsetzungsstandes nach Bewertungskatalog

Im Gegensatz zu den Messungen in Kapitel 4.3.2, bei denen die Prozessergebnisse im Vordergrund stehen, wird mit Hilfe dieser Methode der Lean-Umsetzungsstand gemessen. Es soll die Frage beantwortet werden, welche Lean-Methoden in dem betrachteten Produktionssystem eingeführt sind und wie gut diese umgesetzt sind. Um diese qualitative Frage mit einer messbaren Größe untersuchen zu können, wird ein Bewertungskatalog eingesetzt. Es empfiehlt sich, den Bewertungskatalog systematisch zu entwickeln. Abbildung 49 zeigt ein mögliches Vorgehen dazu.

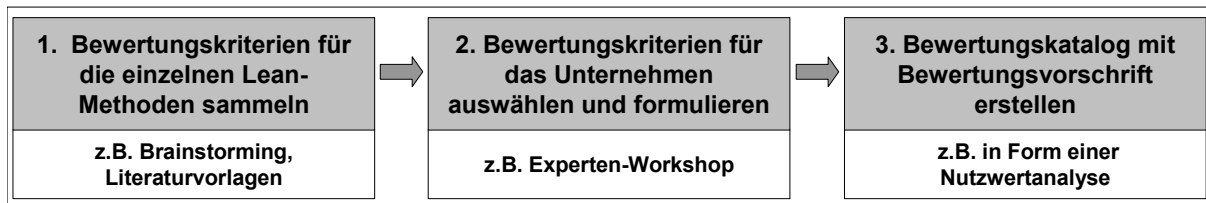


Abbildung 49: Entwicklung eines Bewertungskatalogs zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes

Nach diesem Vorgehen wird im ersten Schritt für die zu bewertenden Lean-Methoden (z. B. 5S) eine Ideensammlung möglicher Bewertungskriterien (z. B. notwendige Gegenstände sind gekennzeichnet) entwickelt. Hierzu können verschiedenste Quellen, z. B. Fachliteratur, Lean-Experten herangezogen werden, um eine möglichst umfassende Sammlung zu erhalten. Basierend auf dieser Ideensammlung werden im nächsten Schritt die relevanten Bewertungskriterien ausgewählt und formuliert. Dies kann z. B. in Form eines Workshops mit Lean-Experten erfolgen. Für die Lean-Methode „5S“ mit dem Detailaspekt „Sortieren“ könnten beispielsweise folgende Bewertungskriterien festgelegt werden:

- Am Arbeitsplatz und in der Umgebung befinden sich nur die notwendigen Gegenstände
- In gemeinsamen Bereichen sind die notwendigen Gegenstände gekennzeichnet
- Die Funktionsfähigkeit der notwendigen Gegenstände ist sichergestellt

Im letzten Schritt erfolgt die Definition der Bewertungsvorschrift. Dies umfasst die Auslegung der Bewertungsskala, die Festlegung der Gewichtung und die Formulierung der Berechnungsvorschriften zur Aggregation von Einzelbewertungen.

Für das Unternehmen im Anwendungsbeispiel (s. Kapitel 5) wurde ein derartiger Bewertungskatalog entwickelt. Anhand eines Auszugs (s. Abbildung 50) soll der Aufbau des Bewertungskatalogs nachfolgend verdeutlicht werden. Der vollständige Bewertungskatalog befindet sich in Anhang 9.2. Er ist unter Zuhilfenahme folgender Literaturquellen entstanden: [DIET96, S.45ff], [FISH07, S.32ff], [PFEI09, S.24ff].

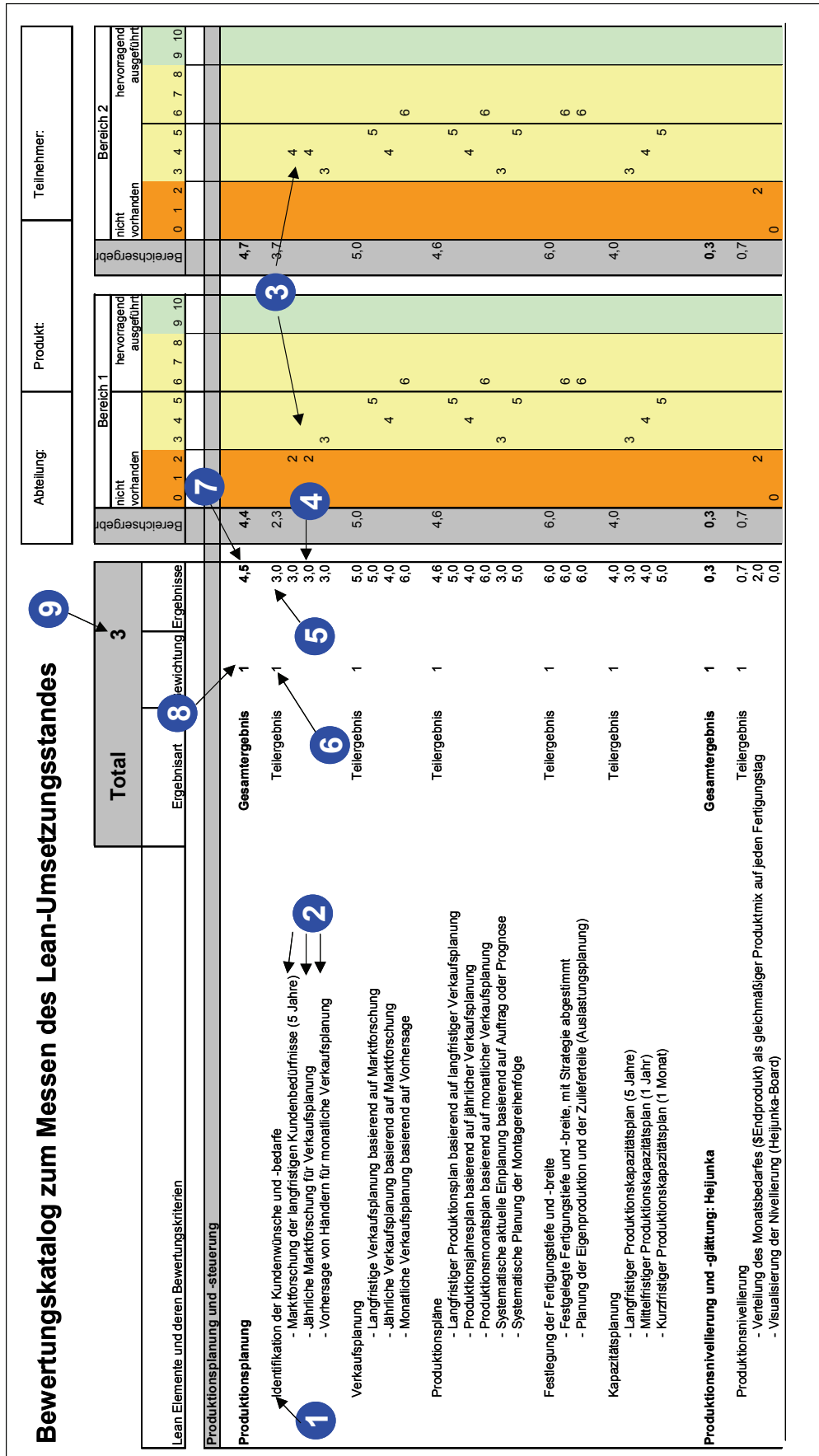


Abbildung 50: Ausschnitt des Bewertungskatalogs zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes

Der Bewertungskatalog besitzt den folgenden Aufbau:

1. In der linken Spalte des entwickelten Bewertungskatalogs werden für jede Lean-Methode (s. Abbildung 50, Nr. 1) die entsprechenden Bewertungskriterien definiert. Abbildung 50, Nr. 1 zeigt beispielsweise für die Lean-Methode „Produktionsplanung“ die Kriterien „Identifikation der Kundenwünsche und -bedarfe“, „Verkaufsplanung“, etc..
2. Für eine differenzierte und präzise Bewertung wurden die Bewertungskriterien um eine Detaillierungsstufe erweitert. Zum Beispiel wurde das Bewertungskriterium „Identifikation der Kundenwünsche und -bedarfe“ durch die drei Detailbewertungspunkte „Marktforschung der langfristigen Kundenbedürfnisse (5 Jahre)“, „Jährliche Marktforschung für Verkaufsplanung“ und „Vorhersage von Händlern für monatliche Verkaufsplanung“ präzisiert.
3. In den Spalten von Abbildung 50, Nr. 3 werden die tatsächlichen Bewertungen für jeden Produktionsbereich und jeden Detailbewertungspunkt eingetragen. In Anlehnung an die Nutzwert-Analyse von DEANZER [DAEN02, S.197ff] wurde für die Bewertung eine Skala von null (=nicht vorhanden) bis zehn (= hervorragend erfüllt) festgelegt.
4. Das arithmetische Mittel der Bewertungen über alle Produktionsbereiche ergibt das Bewertungsergebnis für die einzelnen Detailbewertungspunkte (s. Abbildung 50, Nr. 4).
5. Eine erneute Berechnung des arithmetischen Mittels über alle Detailbewertungspunkte führt zum Bewertungsergebnis auf der Ebene der Bewertungskriterien (s. Abbildung 50, Nr. 5), z.B. für das Bewertungskriterium „Identifikation der Kundenwünsche und -bedarfe“. In Abbildung 50 wird dies als „Teilergebnis“ bezeichnet.
6. Je nach Schwerpunkt der Unternehmensinteressen lassen sich bestimmte Teilergebnisse durch Gewichtung hervorheben (s. Abbildung 50, Nr. 6). Beispielsweise könnte das Kriterium „Identifikation der Kundenwünsche und -bedarfe“ stärker gewichtet werden als das Kriterium „Verkaufsplanung“.
7. Die Teilergebnisse werden anschließend mit der gewählten Gewichtung multipliziert und auf der Ebene der Lean-Methoden (z. B. Produktionsplanung) als gewichtete arithmetische Mittelwerte zusammengefasst. Dies wird in Abbildung 50 „Gesamtergebnis“ genannt (s. Abbildung 50, Nr. 7).
8. Für die weitere Zusammenfassung lassen sich auch die Gesamtergebnisse der Lean-Methoden mittels einer Gewichtung unterschiedlich hervorheben (s. Abbildung 50, Nr. 8). Beispielsweise könnte die Lean-Methode der „Produktionsplanung“ stärker gewichtet werden als die Methode der „Produktionsnivellierung und -glättung“.
9. Das arithmetische Mittel über die Gesamtergebnisse aller Lean-Methoden führt zu dem als „Total“ bezeichneten Endwert (s. Abbildung 50, Nr. 9).

4.3.4 Schwachstellenanalyse mit dem House-of-Lean-Quality

Die Aufgabenstellung in der Analyse Phase (s. Kapitel 4.2.3) des Vorgehens besteht darin, aus den Messergebnissen die Schwachstellen des Systems systematisch abzuleiten. Zu diesem Zweck wurde die Methode des House-of-Lean-Quality entwickelt. Die Entwicklung basiert auf der Methode des Quality Function Deployments (QFD). Bei der klassischen Anwendung des QFD's werden Kundenanforderungen („Was wird gefordert?“) in Leistungsmerkmale von Produkten und Prozessen („Wie wird es erfüllt?“) transformiert und daraus Empfehlung für die Produktentwicklung, bzw. den Vertrieb abgeleitet (s. Kapitel 2.4.4.6) [AKAO92] [HILL02, S.59]. Als graphisches Werkzeug dient dabei das House-of-Quality. Diese Methode soll auf den hier vorliegenden Fall übertragen werden. Dementsprechend wird das grafische Hilfsmittel als „House-of-Lean-Quality“ bezeichnet. Die Analogien verdeutlicht Abbildung 51.

	House-of-Quality	House-of-Lean-Quality
Ziel	Empfehlung für die Produktentwicklung	Empfehlung für die Optimierung des Produktionssystems
Anforderungen (Was wird gefordert?)	Kundenanforderungen	Lean-Zielkriterien: Verschwendungsarten
Gestaltungsmöglichkeiten (Wie wird es erfüllt?)	Produktmerkmale	Lean-Methoden
Beziehungsmatrix	Interdependenzen von Kundenanforderungen und Produktmerkmalen	Interdependenzen von Lean-Zielkriterien und Lean-Methoden
Korrelationsmatrix	Korrelationen der Produktmerkmale	Korrelationen der Lean-Methoden
Gewichtung	Gewichtung der Kundenanforderungen	Gewichtung der Lean-Zielkriterien
Ergebnis	Bedeutung der Produktmerkmale für die Produktentwicklung	Bedeutung der Lean-Methoden (Stärken/ Schwächen) für die Optimierung des betrachteten Produktionssystems.

Abbildung 51: Analogie des House-of-Quality und des House-of-Lean-Quality

Aus Abbildung 51 geht hervor, dass als Anforderungen in dieser Anwendung die Verschwendungsarten (s. Kapitel 4.2.1 und Kapitel 4.3.2) gelten. Während im QFD die Produktmerkmale die Gestaltungsmöglichkeiten zum Erreichen der Anforderungen bestimmen, sind dies im Lean Production System die einzelnen Lean-Methoden. Dementsprechend zeigt die Beziehungsmatrix nicht die Interdependenzen von Kundenanforderungen und Produktmerkmalen auf, sondern die von Verschwendungsarten und Lean-Methoden. Im Dach des House-of-Quality wird die Korrelation der Produktmerkmale in Form einer Korrelationsmatrix dargestellt. Beim House-of-Lean-Quality könnte dort die Korrelation der Lean-Methoden abgebildet werden. Beim Erstellen der Korrelationsmatrix hat sich gezeigt, dass es zwischen den Lean-Methoden keine konfliktären Beziehungen, sondern ausschließlich positive bzw. neutrale Beziehungen gibt. Diese Erkenntnis deckt sich mit weiteren Untersuchungen, z. B. den Ergebnissen des Forschungsprojekts Improve [LAY08, S.18ff], [KORG08, S.160ff]. In Kapitel 2.4.4.6 wird betont, dass das Dach des House-of-Quality nur dann relevant ist, wenn konfliktäre Beziehungen bestehen. Da dieser Aspekt im House-of-Lean-Quality nicht besteht, kann auf die Darstellung des Daches in der weiteren Anwendung verzichtet. Die Gewichtung im House-of-Quality dient dazu die Kundenanforderungen zu priorisieren. Analog dazu besteht im House-of-Lean-Quality die Möglichkeit einer Gewichtung der Verschwendungsarten.

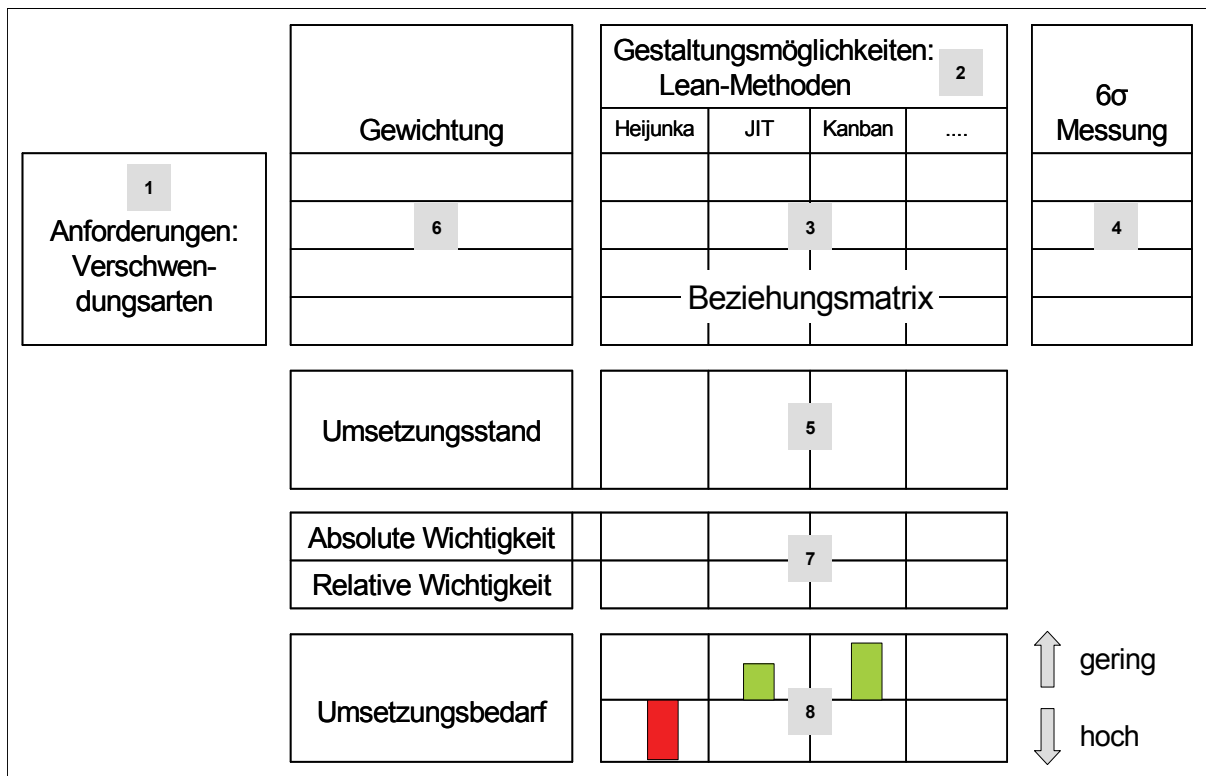


Abbildung 52: Aufbau des House-of-Lean-Quality

Ausgehend von der Analogie werden im Folgenden der Aufbau und die Zusammenhänge im House-of-Lean-Quality anhand von Abbildung 52 erläutert.

1. Anforderungen: Verschwendungsarten

Als Anforderungen werden die Verschwendungsarten in der linken Spalte (s. Abbildung 52, Nr. 1) des House-of-Lean-Quality eingetragen.

2. Gestaltungsmöglichkeiten: Lean-Methoden

Die Lean-Methoden werden als Gestaltungsmöglichkeiten in der oberen Zeile abgebildet (s. Abbildung 52, Nr. 2).

3. Beziehungsmatrix

Den Grad der Abhängigkeit zwischen den Verschwendungsarten und den Lean-Methoden charakterisiert die Beziehungsmatrix (9 = stark abhängig, 3 = mittelstark abhängig, 1 = schwach abhängig).

4. Ergebnis: 6σ Messung

Die gewonnenen Ergebnisse aus der Messung Verschwendungsarten mit 6σ als Zielwert werden in die weiterführende Matrix an der rechten Seite des House-of-Lean-Quality eingetragen (s. Abbildung 52, Nr. 4). Sie zeigt das aktuelle Prozessergebnis des untersuchten Produktionssystems.

5. Ergebnis: Lean-Umsetzungsstand

Das Ergebnis der Messungen zum Lean-Umsetzungsstand mit Hilfe des Bewertungskatalogs werden am unteren Ende des House-of-Lean-Quality in einer weiterführenden Matrix eingetragen (s. Abbildung 52, Nr. 5).

6. Gewichtung

Die Gewichtung der Verschwendungsarten (s. Abbildung 52, Nr. 6) legt das Unternehmen fest. Grundlage für die Definition der Gewichtung bildet das Ergebnis der Messung mit 6σ als Zielwert (Abbildung 52, Nr. 4). Die Logik besteht darin, dass Verschwendungsarten, die ein schlechtes Ergebnis bei der Messung erzielt haben, eine höhere Gewichtung erhalten sollten als jene mit einem guten Ergebnis. Durch diese invertierte Gewichtung wird der Fokus auf die Verschwendungsarten gelenkt, die Schwachstellen aufweisen. Neben dieser Grundlogik hat das Unternehmen zusätzlich die Möglichkeit, besondere Kundenanforderungen oder spezifische Unternehmensziele (s. Kapitel 4.2.1) bei der Gewichtung zu berücksichtigen. Erzielt beispielsweise ein Unternehmen beim Messen der Verschwendungsart „Verzögerung“ einen Wert von 5σ , so würde sich aufgrund des guten Ergebnisses eine geringe Gewichtung von z. B. 2 ergeben. Befindet sich das Unternehmen jedoch in einem Markt, in dem Verzögerungen erhebliche Auswirkungen auf den Unternehmenserfolg haben, z. B. lebenserhaltende Arzneimittel, könnte der Verschwendungsart trotzdem eine hohe Gewichtung von z. B. 10 beigemessen werden. Da die Gewichtung die Prioritäten für die weitere Auswertung festlegt, ist es die Aufgabe des Managements, eine Abwägung zwischen den Messergebnissen und den Unternehmenszielen zu treffen und eine zielgerechte Gewichtung vorzunehmen.

7. Wichtigkeit

Die Wichtigkeit der einzelnen Lean-Methoden für das Produktionssystem lässt sich sowohl in absoluter als auch in relativer Form darstellen. Als mathematisches Ergebnis ergibt sich zunächst die „absolute Wichtigkeit“ (s. Abbildung 52, Nr. 7). Sie errechnet sich als Summe aus den Produkten von Gewichtung und Beziehungsgrad. Die Werte zeigen, wie wichtig die Umsetzung der jeweiligen Lean-Methode für das Produktionssystem ist. Um das absolute Ergebnis auf einer Skala von 1 bis 10 darzustellen, kann es normiert werden. Dabei bildet der erzielte absolute Maximalwert auch den relativen Maximalwert von 10. Die übrigen absoluten Werte werden in das entsprechende Verhältnis gesetzt, man spricht dann von „relativer Wichtigkeit“ (s. Abbildung 52, Nr. 7).

8. Umsetzungsbedarf: Differenz von Umsetzungsstand zu relativer Wichtigkeit

Im letzten Schritt wird die Differenz aus den Ergebnissen der Messungen zum Lean-Umsetzungsstand (s. Abbildung 52, Nr. 5) und den Berechnungsergebnissen zur relativen Wichtigkeit (s. Abbildung 52, Nr. 7) gebildet. Als Ergebnis erhält man eine Auswertung (s. Abbildung 52, Nr. 8), die den Umsetzungsstand der Lean-Methoden in Bezug zur Wichtigkeit für das Produktionssystem darstellt. Die Ergebnisse können in zwei Kategorien untergliedert werden:

- Kategorie 1: Ergebniswert ≥ 0 (= Umsetzungsstand entspricht mindestens der Wichtigkeit), d.h. kein zusätzlicher Handlungsbedarf notwendig.
- Kategorie 2: Ergebniswert < 0 (= Umsetzungsstand schlechter als Wichtigkeit), d.h. die Umsetzung der Lean-Methode sollte verbessert werden.

Die Lean-Methoden, bei denen die Differenz von Umsetzungsstand zur Wichtigkeit am größten ist, stellen die größten Schwachstellen im Produktionssystem dar.

Anhand eines Beispiels wird das House-of-Lean-Quality im Folgenden verdeutlicht. Wie beschrieben, befinden sich in der linken Spalte sämtliche Verschwendungsarten (s. Abbildung 53, Nr. 1) und in der oberen Zeile die Lean-Methoden, die analog zur Struktur des Lean Production Systems aus Kapitel 4.3.1 (s. Abbildung 53, Nr. 2) eingetragen sind

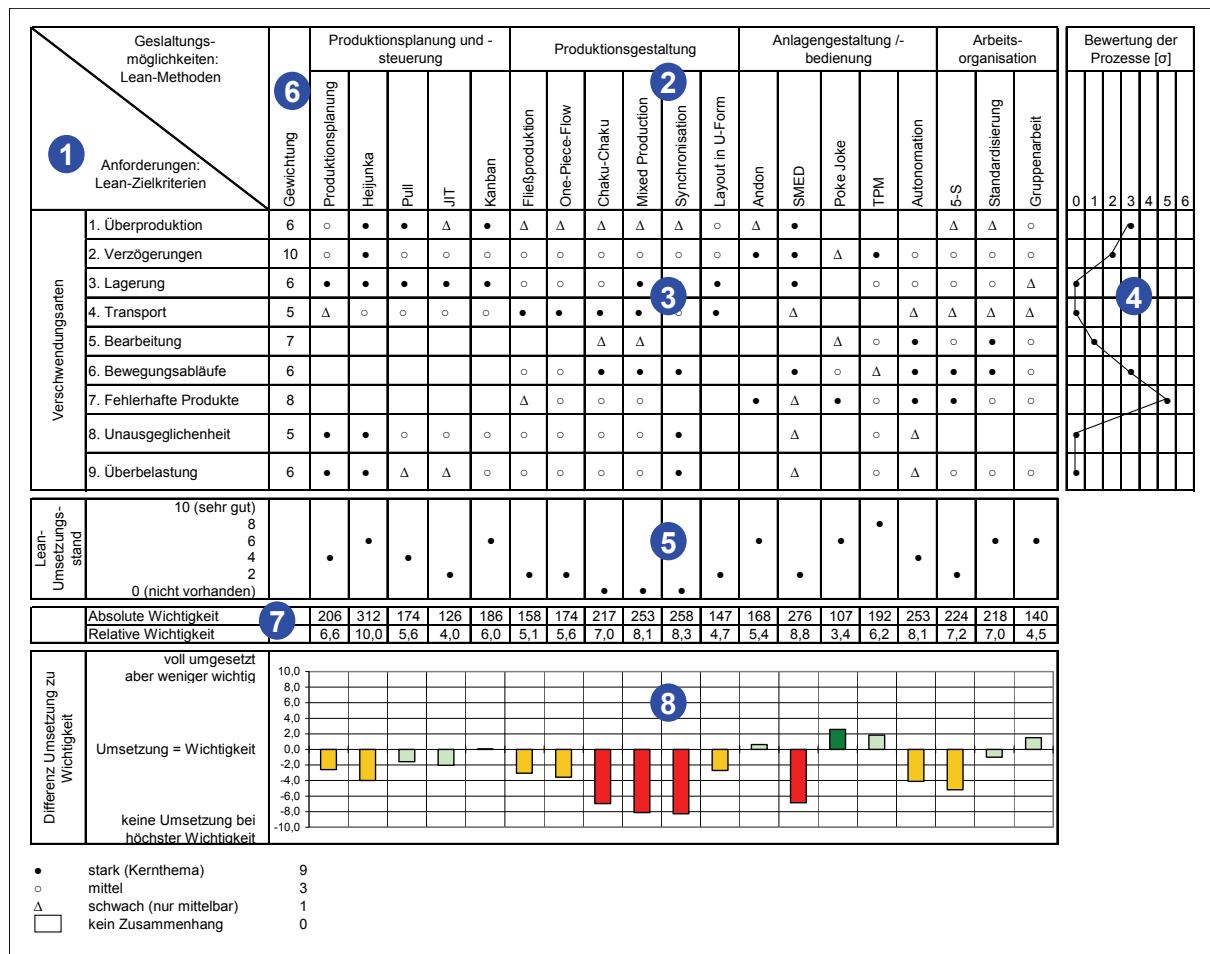


Abbildung 53: Beispiel eines House-of-Lean-Quality

Die Beziehungsmatrix, wie sie in unter Nr. 3 dargestellt ist, basiert auf Literaturquellen [PFEI09, S.126] [OELT00, S.150], den Ergebnissen wissenschaftlicher Projekte [LAY08, S.20] [MTM09, S.27] und einer abschließenden Verifikation mit Lean-Experten. In Anhang 9.1 findet sich für jedes Matrixfeld eine Begründung zur Festlegung der einzelnen Beziehungszusammenhänge. Als Beispiel wird Abbildung 53 der Grad der Beziehung zwischen Lagerung und Produktionsplanung als stark (schwarzer Punkt) eingeschätzt. Die Ergebnisse der Messungen von Verschwendung mit 6σ als Zielwert werden in der Matrix unter Nr. 4 eingetragen. In diesem Beispiel wurde ein Sigma-Niveau von 3,03 für das Zielkriterium „Überproduktion“ ermittelt. Da dieses Ergebnis im „Mittelfeld“ liegt und dem Kriterium keine zusätzliche strategische Bedeutung zugemessen wird, erhält es im Beispiel eine Gewichtung von „6“ (s. Nr. 6, Zeile „Überproduktion“). Der Umsetzungsstand ist unter der Nr. 5 eingetragen und weist beispielsweise für die Lean-Methode „Produktionsplanung“ ein Messergebnis von 4 aus. Nach der Berechnungsvorschrift ergibt sich daraus für die „Produktionsplanung“ eine absolute Wichtigkeit von 206 bzw. eine relative Wichtigkeit von 6,6 für das Produktionssystem (s. Nr. 7). Als Differenz von Umsetzungsstand zu absoluter Wichtigkeit erhält man einen Wert von -2,6 als Ergebnis. Entsprechend der Kategorisierung bedeutet dies, dass die Lean-Methode der Produktionsplanung etwas schlechter umgesetzt ist, als es eigentlich für das Produktionssystem erforderlich ist. Vergleicht man im Abschnitt Nr. 8 die Differenzen aller Lean-Methoden miteinander fällt auf, dass es Methoden gibt bei denen die Differenz noch deutlich größer ausfällt. Im Beispiel sind dies folgende Lean-Methoden: Chaku-Chaku, Mixed Production, Synchronisation und SMED. Aufgrund der größten negativen Abweichungen stellen diese Methoden die größten Schwachstellen im House-of-Lean-Quality des Beispiels dar.

4.3.5 Six Sigma Roadmaps als Umsetzungsguide

Anhand des Bewertungsmodells von TÖPFER wurde das Fehlen einer durchgängigen, also auf strategischer und operativer Ebene gültigen, systematischen Vorgehensstruktur des Lean Production Systems bemängelt. Die bisherigen Ausführungen zur Integration des DMAIC-Zyklus in das Vorgehensmodell des Lean Production Systems beziehen sich auf die strategische Ebene. Im Folgenden soll nun die durchgängige Anwendung des DMAIC-Zyklus auf operativer Ebene in Form von Six Sigma Roadmaps gezeigt werden. In Abhängigkeit der ausgewählten Lean-Methoden, deren Umsetzung verbessert werden soll, wurden in dieser Arbeit Referenz-Umsetzungsguides (s. Kapitel 4.3.1) entwickelt, für die unternehmensspezifische Ausgestaltung als Vorlage herangezogen werden. Anhand der Lean-Methode der „Produktionsplanung“ wird die Six Sigma Roadmap als Umsetzungsguide erläutert. Weitere Roadmaps sind in Anhang 9.4 aufgeführt.

Six Sigma Roadmap am Beispiel der Produktionsplanung

Die Aufgabe der Produktionsplanung besteht darin, über mehrere Planungsstufen mit unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen den Kundenbedarf möglichst präzise zu prognostizieren und letztlich die Bedarfe für die Produktionssteuerung zur Verfügung zu stellen [SHIN92, S.59].

Entsprechend der Standardisierung folgt die Projektdefinition in der **Define Phase** den bekannten Six Sigma Methoden: Project Charter, SIPOC und VOC/CTQ. Im Mittelpunkt der Betrachtung dieses Beispiels steht die Prognosegenauigkeit der Produktionsplanungsdaten. Dementsprechend gilt es, das Ziel für die zukünftig erwartete Planungsgenauigkeit (z. B. als Kennzahl: Abweichung der tatsächlichen Kundenbedarfe vom Prognosewert) festzulegen und den Ist-Ablauf zur Erstellung der Planungsdaten zu ermitteln. Neben den externen Kunden kommen in diesem Beispiel folgende interne Kunden in Betracht: Geschäftsführung, Logistik, Produktion, Einkauf, Vertrieb, HR, IT.

Die Aufgabe der **Measure Phase** dieses Beispiels besteht darin, den Ist-Ablauf zur Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung der Produktionsplanungsdaten im Detail aufzunehmen und deren Güte zu erfassen. Zur Ermittlung und Darstellung des Ablaufs eignet sich die Methoden des „Value Stream Designs“. Zur Aufnahme von Prozessdaten (z.B. Häufigkeit der Erfassung der Kundenbedarfe, Zeitaufwand für die Erfassung, Bearbeitungszeit bis zur Bereitstellung der Planungsdaten, Fehleranteil) findet der Data Collection Plan Anwendung.

In der **Analyze Phase** wird der ermittelte Ist-Ablauf hinsichtlich seiner Schwachstellen untersucht. Für die kritische Betrachtung eignen sich beispielsweise folgende Kriterien: Zuverlässigkeit der Planung, Durchgängigkeit (durchgängige Datenverwendung, Medienbruch), Transparenz des Ablaufs und der Inhalte, Planungsaufwand, Kundenorientierung, Einhaltung des Top-Down-Prinzips und die Verwendung von Detaillierungsstufen. Die identifizierten Schwachstellen lassen sich in einem Katalog zusammenfassen oder in der Prozessaufnahme, z. B. Value Stream Design, unmittelbar eintragen.

Die Aufgabe der **Improve Phase** besteht darin, einen optimierten Ablauf zur Produktionsplanung zu entwerfen. Bei der Gestaltung des Soll-Prozessablaufs sind die Inhalte (z. B. Umfang der Marktanalyse), die Schnittstellen (z. B. zwischen Verkaufsplan und Produktionsplan), die Regeln (z. B. Häufigkeit der Planungsstufen) und die zu verwendenden Medien (z. B. IT) zu bestimmen. Analog zur Measure Phase findet die Methode des „Value Stream Designs“ Anwendung. Abschließend erfolgt die Einführung des neuen Systems zur Produktionsplanung in den betroffenen Bereichen.

Im Rahmen der **Control Phase** sollen die Umsetzungsergebnisse überprüft werden. Dazu wird der tatsächliche Umsetzungsstand mit dem entwickelten Soll-Ablauf verglichen. Elemente, die noch mangelhaft umgesetzt sind, werden zur weiteren Verbesserung angemahnt. Eine weitere Möglichkeit, die Verbesserung zu kontrollieren, besteht in einer Bewertung des Lean-Umsetzungsstandes nach dem Bewertungskatalog von Kapitel 4.3.3. Das Ergebnis der Bewertung kann direkt mit der ursprünglichen Bewertung aus Kapitel 4.2.2 verglichen werden.

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Systematische Produktionsplanung ▪ Problemstellung: Produktionsplanung nicht konsequent von Kundenbedarf ausgehend ▪ Projektziel: Transparente, durchgängige und zuverlässige Produktionsplanung, Zuverlässigkeit und Aktualität der Planungsdaten ▪ Lean-Zielkriterien: Überproduktion, Verzögerung, Lagerbestand, Unausgeglichenheit, Überbelastung <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Ablaufs der Produktionsplanung, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Process Mapping/ Ablaufdiagramm ▪ Messmerkmale: Häufigkeit, Durchlaufzeit, Bearbeitungszeit, Fehleranteil <p>5. Aufnahme des Prozesses der Produktionsplanung nach dem Data Collection Plan</p>	
Analyze	<p>6. Analyse des Ablaufs der Produktionsplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchgängigkeit, Transparenz, Planungsaufwand ▪ Kundenorientierung ▪ Top-Down-Prinzip und Detaillierungsstufen ▪ Zuverlässigkeit der Planung ▪ Vergleich mit Planungsmodell (Kap. 9.2.1.1) <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	
Improve	<p>8. Entwicklung eines Systems zur Produktionsplanung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Ziel-Ablaufs (Process Mapping/ Ablaufdiagramm) ▪ Definition der Inhalte (z.B. Umfang und Inhalte der Marktanalyse) ▪ Klare Regeln (z.B. Häufigkeit der Planungsstufen) ▪ Definition der Schnittstellen (z.B. zwischen Verkaufsplanung und Produktionsplan) ▪ Einsatz der Medien (z.B. IT) <p>9. Einführung des Systems zur Produktionsplanung</p>	
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit dem entwickelten Ziel-System</p> <p>11. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	

Abbildung 54: Six Sigma Roadmap als Umsetzungsguide am Beispiel der Produktionsplanung

4.3.6 Erfolgskontrolle mit einem Radardiagramm

Die Ausführungen in Kapitel 2.4.4.7 zeigen, dass es eine Vielzahl unterschiedlicher Visualisierungsformen gibt. Im vorliegenden Fall sollen Werte (σ -Werte) als Visualisierungsobjekt dargestellt werden. Aus der Anzahl Verschwendungsarten ergeben sich neun abzubildende Dimensionen. Der Six Sigma Statistik folgend, lassen sich die Werte als σ -Werte oder in Form von DPMO darstellen und haben eine Skalierung von 0-6 σ bzw. von 1.000.000 DPMO - 3,4 DPMO. Mit Hilfe der Charakterisierung von HILLER (s. Abbildung 22) wird die passende Visualisierungsform für die Erfolgskontrolle ausgewählt. Demnach kommen aufgrund der Anzahl der Dimensionen nur das Radardiagramm oder die Profildarstellung als Visualisierungsformen in Betracht. Da sich das Radardiagramm besser für einen Soll-Ist-Vergleich eignet als die Profildarstellung [HILL02, S.138], wird es für den vorliegenden Anwendungsfall ausgewählt. Anhand von Abbildung 55 wird die Erfolgskontrolle mit einem Radardiagramm veranschaulicht. Für jedes Zielkriterium können der Ausgangs-, der Ziel- und der Ist-Wert auf einer Achse des Radarbildes abgebildet (s. Abbildung 55) werden. Verbindet man die jeweiligen Koordinaten miteinander, ergibt sich die Radardarstellung, die häufig auch als Netzdarstellung bezeichnet wird.

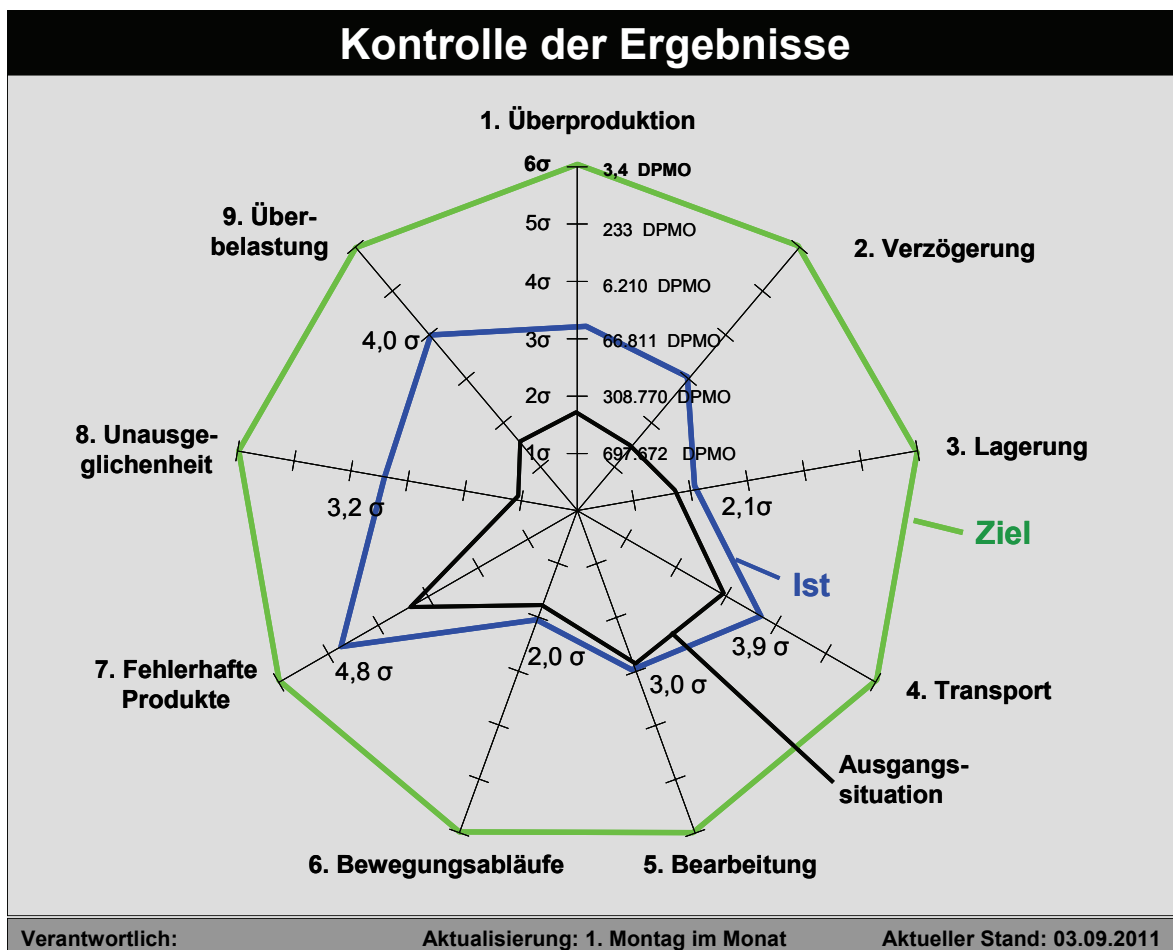


Abbildung 55: Erfolgskontrolle mit einem Radardiagramm

Entsprechend der Six Sigma Forderung gilt für alle Dimensionen das Ziel von 6 σ bzw. 3,4 DPMO. Anhand des Radardiagramms lässt sich die Abweichung von diesem Ziel für jedes Zielkriterium auf einen Blick erkennen. Die Veränderung zur Linie der Ausgangssituation zeigt die Verbesserung auf. In Abhängigkeit des Unternehmens kann das Radardiagramm mit weiteren Informationen erweitert werden, z. B. „Jahresringe“ für die Zielstellung eines Geschäftsjahres, analoge Radardiagramme zur Aggregation von Unternehmensbereichen (z. B. Bereich, Abteilung, Unternehmen).

4.4 Zwischenfazit

Ausgehend von der Feststellung, dass das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems noch nicht ausgereift ist (s. Kapitel 1.3), wurden mit Hilfe des Bewertungssystems von TÖPFER Schwachstellen in den Kategorien „Vorgehen“ und „Methoden“ identifiziert (s. Kapitel 2.1). Im Rahmen der Beschreibung zur Zielsetzung und zum Lösungsansatz in Kapitel 3 wurde postuliert, dass eine Integration ausgewählter Six Sigma Methoden diese Schwachstellen beheben könnte.

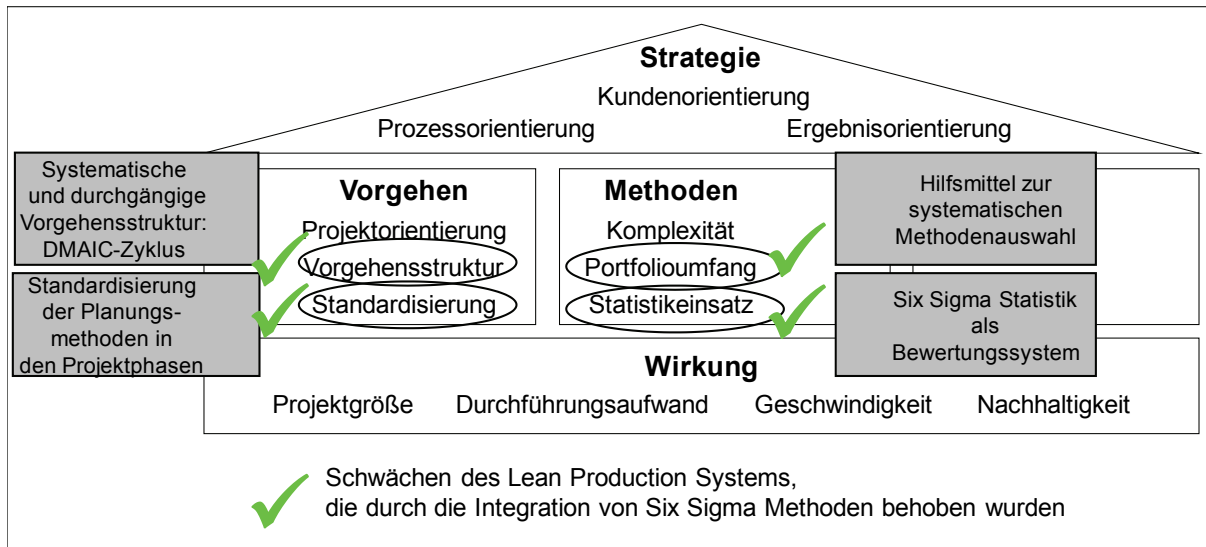


Abbildung 56: Integration von Six Sigma Methoden in das Vorgehensmodell

Abbildung 56 greift die Darstellung aus Kapitel 2.6 auf, in der die vier Schwachstellen des Lean Production Systems den Stärken der Six Sigma Methodik gegenüber gestellt wurden. Nachfolgend werden die jeweiligen Lösungen zusammengefasst, die entwickelt wurden, um die Schwachstellen durch Integration der Six Sigma Methoden zu beheben:

- **Systematische und durchgängige Vorgehensstruktur:** Der DMAIC-Zyklus wurde als Vorgehensstruktur aus der Six Sigma Methodik übernommen. Sein fünfstufiger Aufbau ermöglicht die systematische Bearbeitung von strategischen (z. B. Konfiguration des gesamten Produktionssystems) und operativen (z. B. Roadmaps) Projekten gleichermaßen.
- **Standardisierung der Planungsmethoden in den Projektphasen:** Durch die Zuordnung der notwendigen Methoden zu den einzelnen Projektphasen konnte eine Standardisierung innerhalb dieser Phasen erzielt werden.
- **Systematische Lean-Methodenauswahl:** Die Erweiterung des Methodenportfolios, insbesondere durch das entwickelte House-of-Lean-Quality, ermöglicht nicht nur eine Strukturierung und Visualisierung der Zusammenhänge, sondern auch eine systematische Auswahl der individuell notwendigen Lean-Methoden.
- **Statistikeinsatz zur Bewertung des Lean-Zielsystems:** Durch die Integration der Six Sigma Statistik gelingt es, das bisher qualitative Lean-Zielsystem, das in der „Vermeidung von Verschwendung“ bestand, mathematisch eindeutig, einheitlich und vergleichbar zu bewerten.

Die Ausführungen zeigen, dass durch die Integration von Six Sigma Methoden die identifizierten Schwächen des Vorgehensmodells zur Konfiguration des Lean Production Systems aus theoretischer Sicht behoben wurden. Entsprechend der Zielsetzung der Arbeit müsste damit sich auch der Reifegrad auf die Stufe der „sicheren Prozesse“ verbessert haben.

5 Verifikation anhand von Anwendungsbeispielen bei einem Automobilzulieferer

Das Ziel dieses Kapitels besteht darin, die Anwendung des entwickelten Vorgehensmodells in der Praxis zu verifizieren. In Kapitel 5.1 erfolgt eine Beschreibung der Ausgangssituation des ausgewählten Anwendungsunternehmens. Darauf aufbauend werden in den Kapitel 5.2 und 5.3 die Ergebnisse, die mit dem Vorgehensmodell in zwei unterschiedlichen Fertigungsbereichen erzielt wurden, erläutert. Die Ergebnisse basieren auf einer mehrjährigen Betreuung und Analyse der untersuchten Fertigungsbereiche. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse aus den Anwendungsbeispielen in Kapitel 5.4.

5.1 Ausgangssituation

Bei dem Unternehmen handelt es sich um einen großen, international tätigen Automobilzulieferer. Das Unternehmen produziert qualitativ hochwertige und innovative Komponenten und Systemlösungen entlang des Antriebsstranges. Die Produktpalette reicht von Motorkomponenten über Getriebe- und Kupplungseinheiten bis hin zu Elementen der Abgasnachbehandlung. Im Bereich der Motorkomponenten ist das Unternehmen spezialisiert auf Bauteile zur Zündung von Ottomotoren, Dieselmotoren und stationär betriebenen Anlagen (z. B. Gasanlagen). Für die Anwendungsbeispiele wurde die Sparte der Dieselmotorteknik ausgewählt. Ein Kernprodukt dieser Sparte stellt die Glühkerze dar. In diesem Marktsegment ist das Unternehmen Weltmarktführer und beliefert alle namhaften Automobilhersteller. Die gesteigerten Anforderungen an eine Emissionsreduzierung der Dieselfahrzeuge führen zu einer zunehmenden Bedeutung der Glühkerze im Verbrennungsraum. Durch zahlreiche technische Innovationen bietet das Unternehmen Lösungen an, die eine Einhaltung der strengen Abgasnormen ermöglichen. Die Glühkerzen werden im Anwendungsunternehmen entwickelt, appliziert und gefertigt. Neben der Montage der Glühkerze werden ausgewählte Bauteile in Eigenfertigung hergestellt. Für deren Herstellung gibt es im Wesentlichen zwei Fertigungsbereiche: die Rohrbearbeitung und die Dreherei. Beide Fertigungsbereiche haben ihren Schwerpunkt in der mechanischen Bearbeitung, produzieren jedoch ein verschiedenartiges Teilespektrum und besitzen daher einen völlig unterschiedlichen Fertigungsprozess.

Für die Unternehmensleitung waren folgende Gründe ausschlaggebend, das beschriebene Vorgehensmodell in den beiden Fertigungsbereichen beispielhaft anzuwenden:

- Die bisherigen Projekte zum Thema Lean Production System stellten Einzeloptimierungen (z. B. 5-S, Rüstworkshops in Teilbereichen) mit externen Beratern dar. Der Ansatz zur Erreichung eines Gesamtoptimums war vielfach unklar. Aus Sicht der Unternehmensleitung sollten die einzelnen „Lean-Puzzlestücke“ zu einem effizienteren Gesamtsystem verschmolzen werden.
- Erprobung einer klaren, fundierten, transparenten und zielstrebigen Methodik
- Erkenntnisse zur Anpassung und weiteren Optimierung des bestehenden Produktionssystems
- Einblicke und Erfahrungen zur Integration der bestehenden Ansätze (Lean Production Systems und Six Sigma Methodik) in einem Gesamtsystem
- Erkenntnisse zur Messbarkeit von Zuständen des Produktionssystems und damit zur Möglichkeit der Quantifizierung von Umsetzungserfolgen

Im Folgenden werden das systematische Vorgehen und der gezielte Methodeneinsatz in beiden Fertigungsbereichen beschrieben.

5.2 Anwendungsbeispiel 1: Rohrbearbeitung

Im ersten Anwendungsbeispiel wird die Rohrbearbeitung betrachtet. Das zu fertigende Rohr stellt ein zentrales und Know-how relevantes Bauteil dar, da es die Eigenschaften des Endproduktes wesentlich beeinflusst. Die Herstellung erfolgt in einer mehrstufigen Prozesskette (Abbildung 57, Nr. 1-8). Die Prozesskette verläuft vom Sägen über das Umformen 1 und das Umformen 2 zur Endbearbeitung, wobei zwischen allen Prozessschritten und am Ende ein Reinigungsgang erfolgt. Die Prozesse in den Anlagen laufen vollautomatisiert ab. Der Transport zwischen den Anlagen und die Materialversorgung werden manuell durchgeführt. Die Maschinen sind im Ausgangszustand nach dem Verrichtungsprinzip (Werkstattfertigung) angeordnet. Alle Prozessschritte werden von einer zentralen Disposition gesteuert. Abbildung 57 zeigt schematisch die mehrstufige Prozesskette und die Organisation des Fertigungsbereichs im Ausgangszustand.

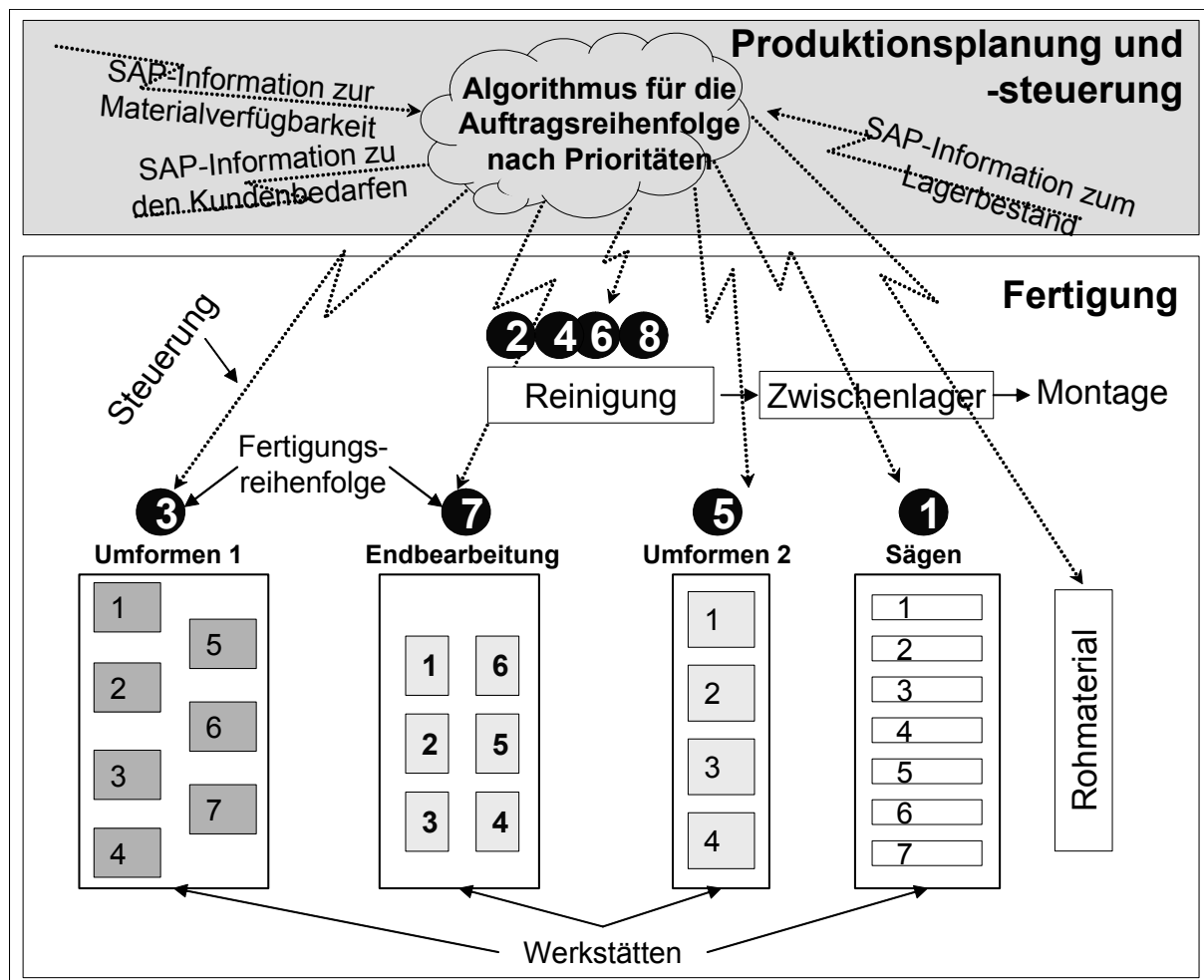


Abbildung 57: Strukturbild des Fertigungsbereichs im Ausgangszustand

Die Einführung des entwickelten Vorgehensmodells folgte dem beschriebenen systematischen Vorgehen von Kapitel 4.2. Dementsprechend wurde im ersten Schritt, der Define Phase (Kapitel 5.2.1), eine detaillierte Projektdefinition und Prozessbeschreibung vorgenommen. In der Measure Phase (Kapitel 5.2.2) wurde die Datenerfassung vorbereitet und das Messen von Verschwendung und des Umsetzungsstandes durchgeführt. In der Analyse Phase von Kapitel 5.2.3 erfolgte die Bewertung und Analyse mit dem House-of-Lean-Quality. Die erkannten Schwachstellen führten zu notwendigen Verbesserungsprojekten, die in der Improve Phase mit Hilfe von Six Sigma Roadmaps umgesetzt (Kapitel 5.2.4) und deren Ergebnisse in Kapitel 5.2.5 kontrolliert wurden.

5.2.1 Define: Definition des Projektes in der Rohrbearbeitung

Entsprechend dem Verfahren aus Kapitel 4.2.1 umfasst die Define Phase folgende vier Six Sigma Methoden: Zieldefinition, Project Charter, SIPOC, VOC/ CTQ. Im Anwendungsunternehmen stellten sich die Ergebnisse dieser Methoden wie folgt dar:

1. Zieldefinition

Die Zieldefinition für den Fertigungsbereich orientierte sich an dem übergeordneten Wertesystem des gesamten Unternehmens. Daraus konnten folgende Ziele für die Fertigung entnommen werden:

- **Flexibilität:** Die Produktion muss flexibel sein und schnell auf die Anforderungen der Kunden eingehen können. Kurze Lieferzeiten in Verbindung mit kurzen Durchlaufzeiten müssen sowohl bei Standard- als auch bei Spezialprodukten garantiert werden.
- **Leistungsstärke:** Technische Präzision und ein konstant hohes Qualitätsniveau müssen gewährleistet sein.
- **Wirtschaftlichkeit:** Die Produktion muss effizient und kostenbewusst sein.

2. Project Charter

Zu Beginn des Projektes sah sich das Anwendungsunternehmen mit folgender **Problemstellung** konfrontiert. Im Fertigungsbereich wurden unterschiedliche Lean-Methoden, wie z. B. 5-S, SMED, Kanban eingeführt, die auch zu einem partiellen, jedoch nicht messbaren Erfolg geführt haben. So berichteten Vertreter des Managements von einer deutlichen Verbesserung der Ordnung und Sauberkeit, von kürzeren Rüstzeiten und von verringerten Beständen. Nach diesen partiellen, bzw. lokalen Optimierungen stellte sich für das Management einerseits die Frage, welchen Erfolg diese bisherigen Optimierungen in Bezug auf den Gesamtbereich bisher brachten und andererseits welche Optimierungen für die Zukunft notwendig seien, um ein ganzheitliches, wirtschaftliches und strategiekonformes Produktionsprozesssystem der Teilefertigung zu erzielen.

Dementsprechend bestand das **Projektziel** im Anwendungsbeispiel darin, das bestehende Produktionsprozesssystem zu bewerten, zu analysieren und systematisch zu einem ganzheitlich erfolgreichen Lean Production System zu führen.

Darüber hinaus lassen sich in der Project Charter die notwendigen Bewertungskriterien, die Teammitglieder und weitere Projektmanagementdetails wie folgt zusammenfassen:

Project Charter						
Projekt :Proj111-001		Version: 03			Erstellt am: 05.04.2009	
Projekt Name	Systematisches Lean Production System mit der Six Sigma Methodik					
Geschäftsfeld	Kaltstarttechnologie	Leiter Geschäftsfeld	x)			
Bereichsleiter	x)	Projektleitung	x)			
Projektbeginn	01.05.2009	Gepl. Projektende	01.05.2010			
Projektbeschreibung	Einführung eines, auf den Fertigungsbereich zugeschnittenen Lean Production Systems unter Verwendung der Six Sigma Methodik					
Problemstellung	Die Einführung von Lean-Methoden erfolgte bisher nur partiell. Dies geschah ohne systematisches Vorgehen zur Identifikation von Schwachstellen und deren Behebung durch die gezielte Einführung entsprechender Lean-Methoden.					
Prozess	Teilefertigung					
Zeitplan (Endtermine)	Define 01.06.2009	Measure 01.07.2009	Analyse 01.08.2009	Improve 01.02.2010	Control 01.05.2010	
Restriktionen	Beschränkung auf den Fertigungsbereich „Teilefertigung“					
Kennzahlen	Einheit	Wert (€)	Ist-Wert	Ziel-Wert	UG	OG
1. Überproduktion	DPMO	TBD	TBD	< 3,4	Zeitl.: 1 Tag Mengenm.: 200 St.	Mengenm.: 200 St. Zeitl.: 1 Tag
2. Verzögerungen	DPMO	TBD	TBD	< 3,4		
3. Lagerbestand	DPMO	TBD	1, 2 Mio. Stk.	< 3,4	0	400.000 Stk.
4. Transportbewegungen	DPMO	TBD	TBD	< 3,4	0 m	10m/ Auftrag
5. Unnötige Bearbeitung/ Fertigungskosten	DPMO	TBD	TBD	< 3,4	0 €	3ct/ St.xx)
6. Bewegungsabläufe	DPMO	TBD	TBD	< 3,4	0,8 = 80%	1 = 100%
7. Fehlerhafte Produkte (intern)	DPMO	110.000€	968 (4,6 σ)	< 3,4	Nach techn. Spezifikation	
8. Unausgeglichenheit	DPMO	TBD	TBD	< 3,4	0,9 = 90%	1,05= 105 %
9. Überbelastung	DPMO	TBD	TBD	< 3,4	1,05 = 105%	-
Erwartetes Ergebnis	Einhaltung der Grenzwerte für die einzelnen Verschwendungarten.					
Kundenvorteile	Höhere Liefertreue für Endmontage, höhere Reaktionsfähigkeit					
Team Mitglieder	x)					
Benötigte Unterstützung	IT-Abteilung (SAP), Konstruktion, Qualitätswesen, Materialwirtschaft/ Logistik, Vertrieb					
Risiken	Aufwand für Erstellen der Datenbasis, Konfusion der Mitarbeiter					
x) Auf Grund des Personenschutzrechtes dürfen keine Namen veröffentlicht werden xx) Anm: Wert über Target Costing ermittelt, Wert für Veröffentlichung abgeändert						

Abbildung 58: Project Charter des Anwendungsbeispiels

Da das Bewertungssystem im Anwendungsunternehmen noch nicht etabliert war und die Werte nicht kurzfristig erfasst werden konnten, mussten diese in der nachfolgenden Measure Phase ermittelt werden.

3. SIPOC

Zur Aufnahme der Prozesskette in der Teilefertigung wurde die SIPOC-Darstellung angewendet. Abbildung 58 zeigt das Ergebnis dieser Darstellungsform.

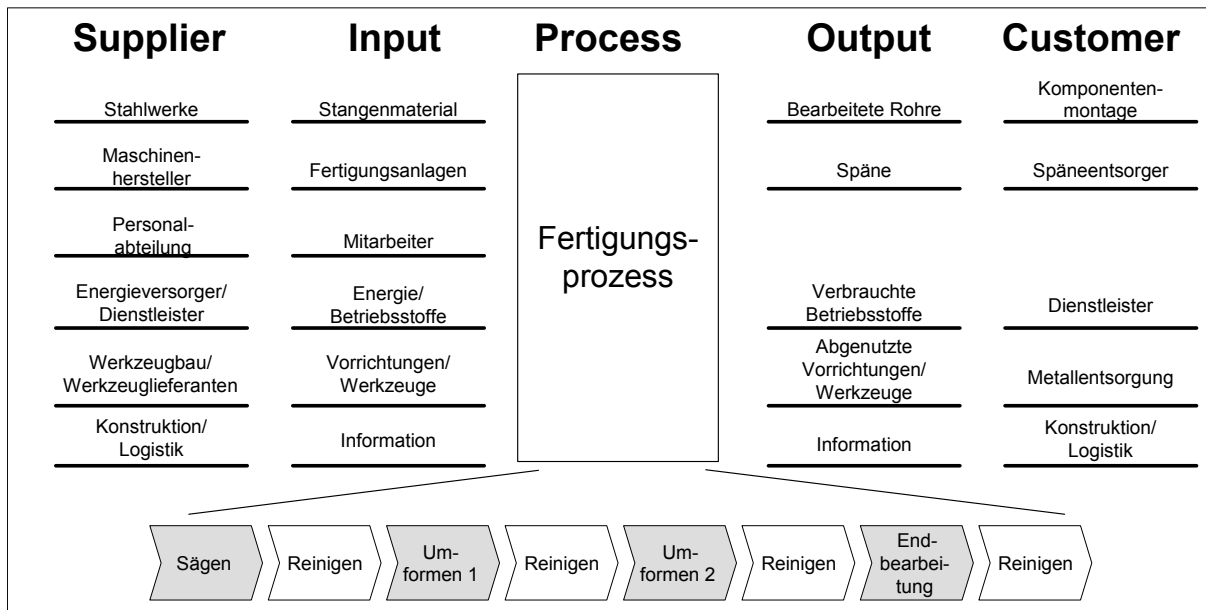


Abbildung 59: SIPOC-Darstellung der Teilefertigung

Aus der Abbildung wird deutlich, welchen Input die Fertigung benötigt, um daraus den gewünschten Output, nämlich das bearbeitete Rohr zu erhalten. Der Fertigungsprozess besteht aus vier Prozessschritten: Sägen, Umformen 1, Umformen 2 und Endbearbeitung, die jeweils mit einem Reinigungsgang abgeschlossen werden. Die Darstellung schaffte im Projektteam, vor allem bei abteilungsfremden Teammitgliedern, ein grundlegendes und einheitliches Verständnis für den betrachteten Fertigungsprozess.

4. VOC/CTQ

Die Aufnahme der Kundenanforderungen folgte dem VOC/CTQ-Vorgehen (s. Kapitel 4.2.1). Im ersten Schritt wurden die relevanten Kunden bestimmt:

- **Betroffener Produktionsbereich:** Segmentleiter und Stellvertreter, Mitarbeiter aus der Arbeitsvorbereitung, Mitarbeiter aus dem Fertigungsbereich
- **Nachfolgende Produktionsbereiche:** Segmentleiter
- **Geschäftsleitung und indirekte Bereiche:** Geschäftsleitung, Werk- und Produktionsleiter, Mitarbeiter aus den Bereichen Logistik und Qualität

Nach einer proaktiven Datenerfassung und einer Strukturierung der wesentlichen Kundenanforderungen wurden folgenden Kriterien als qualitätsrelevant (CTQ) für das Projekt definiert:

- **Personal:** Das einzuführende System soll für die Mitarbeiter leicht verständlich sein. Veränderungen sind in Gruppenarbeit mit den Mitarbeitern zu erarbeitet und umzusetzen.
- **Strategie:** Alle Aktivitäten müssen in das Gesamtbild des Unternehmens passen. Das System soll keine „Eintagsfliege“ sein, sondern nachhaltig genutzt werden können.
- **Finanzen:** Die Einführung muss mit geringem Aufwand erfolgen (Nutzung der vorhandenen Datenbasis). Das Jahresbudget gibt den Finanzierungsrahmen für die Maßnahmen vor.
- **Visualisierung:** Der Ist-Zustand soll transparent dargestellt werden, um die Probleme, bzw. Schwachstellen aufzuzeigen. Der Erfolg muss unmittelbar messbar sein.

5. Struktur

Im Konzernverbund des Anwendungsunternehmens gibt es eine zentrale Abteilung für Lean Production und kontinuierliches Verbesserungswesen. Die Kundenanforderung aus dem VOC fordert das Anwenden eines Vorgehens, das in das bestehende Gesamtbild des Unternehmens passt (siehe oben). Um dieser Anforderung nachzukommen, wurde das Strukturmodell des vorhandenen Lean Production Systems aus der Konzernzentrale (s. Abbildung 60) übernommen.

Employee Development			Continuous Improvement			Safety & Environment		Prod. Planning	Quality Systems						Lean Manufacturing						Metrics	
1. Employee Empowerment	2. Employee Reviews	3. Communications	4. Problem Solving	5. Cost Reduction Process	6. Develop/ Protect Proprietary Process Technology	7. Kaizen Activities	8. Benchmarking	9. Program Management	10. Warranty Analysis	11. Change Management	12. Quality Management Standards	13. Supplier Quality	14. Traceability	15. QSB	16. One-Piece-Flow Production	17. Inventory Management	18. Pull Systems	19. Standardized Work	20. Total Productive Maintenance	21. 5S/ Visual Factory	22. Safety	23. Manufacturing Metrics

Abbildung 60: Auszug des Strukturmodells

Das Strukturmodell ist in Form eines Hauses aufgebaut und umfasst 23 „Tactical Strategies“, die in 7 Kategorien zusammengefasst sind. Die Vielzahl der Elemente lässt erkennen, dass in dem Strukturmodell nicht nur fertigungsnahe Lean-Methoden, sondern auch organisatorische (z. B. Mitarbeiterentwicklung) und strategische Elemente (z. B. Produktentwicklungsprozess, Benchmarking) enthalten sind. Für den Anwendungsfall wurden daher die relevanten Elemente in Abstimmung mit dem Projektteam und dem Management ausgewählt. Bei der Auswahl wurde nach dem praxisorientierten Prinzip „so wenig Elemente wie möglich und so viele wie nötig“ verfahren, um einerseits den Aufwand für das Messen und Analysieren in den folgenden Phasen möglichst gering zu halten und um andererseits ein ganzheitliches und lückenloses Bewertungsbild zu erhalten. Zur Visualisierung und zum leichteren Verständnis wurden die ausgewählten Elemente in dem vorhandenen Strukturmodell grafisch hervorgehoben (s. Abbildung 60).

5.2.2 Measure: Bewertung der Rohrbearbeitung

Dem entwickelten Vorgehensmodell entsprechend, wurden in dem Anwendungsbeispiel sowohl die Verschwendung mit 6σ als Zielwert als auch der Lean-Umsetzungsstand mittels eines Bewertungskataloges gemessen. Die Ergebnisse dieser Messungen werden in den beiden folgenden Abschnitten erläutert.

Messen von Verschwendung mit 6σ als Zielwert

Die Grundlage für das Messen von Verschwendung bildet eine zuverlässige Datenbasis. Abbildung 61 zeigt den Data Collection Plan, wie er im Anwendungsbeispiel formuliert wurde, um die Datenaufnahme im Vorfeld exakt zu definieren.

Data Collection Plan		Projekt: Systematisches Lean Production System mit der Six Sigma Methodik			
Welche Frage soll beantwortet werden? - Wie ist die Performance der Rohrbearbeitung hinsichtlich der Verschwendungsarten?					
Daten		Anweisungen zur Datenerfassung			
Was wird gemessen?	Welcher Datentyp?	Wie wird die Messung durchgeführt?	Welche Zusatzinformationen sollen erfasst werden?	Wie erfolgt die Stichprobenentnahme?	Wie und wo werden die Daten erfasst?
1. Überproduktion	Diskret und kontinuierlich	SAP: Rückmeldetermin und -menge des FAUF's	Plantermin und -menge des FAUF's	1Jahr: 01.01.08-31.12.08	SAP→ Minitab
2. Verzögerungen	Diskret und kontinuierlich	SAP: Rückmeldetermin und -menge des FAUF's	Plantermin und -menge des FAUF's	1Jahr: 01.01.08-31.12.08	SAP→ Minitab
3. Lagerbestand	Diskret	Fertigteile im Lager (SAP)		1Jahr: 01.01.08-31.12.08	Liste SAP→ Excel
4. Transportbewegungen	Kontinuierlich	Entfernung zwischen Anlagen, Dokumentation der Bewegungen		Wertstromanalyse 15.05.2009	Liste Transportbewegungen
5. Bearbeitung/ Fertigungskosten	Diskret	Fertigungszeiten der Prozessschritte stoppen	Maschinen- und MA-Stundensätze je Prozessschritt	Jeder Prozessschritt an 3 Tagen, je 10x	Liste Fertigungszeiten
6. Bewegungsabläufe	Kontinuierlich	Wertschöpfende Zeit je Prozessschritt stoppen	Zykluszeit je Prozessschritt	Jeder Prozessschritt an 3 Tagen, je 10x	Liste Bewegungsabläufe
7. Fehlerzahl/ Ausschuss	Diskret	Ausschuss nach jedem Prozessschritt		1Jahr: 01.01.08-31.12.08	SAP→ Excel
8. Unausgeglichenheit	Kontinuierlich	SAP: Rückgemeldete Menge je Prozessschritt	Fertigungsplanzeiten, Fertigungskapazität	1Jahr: 01.01.08-31.12.08	SAP→ Excel
9. Überbelastung	Kontinuierlich	SAP: Rückgemeldete Menge je Prozessschritt	Fertigungsplanzeiten, Fertigungskapazität	1Jahr: 01.01.08-31.12.08	SAP→ Excel
Wie wird die Datenkonsistenz sichergestellt? - Betrachtung über längeren Zeitraum (Daten 1-4 und 7-8) - Wiederholte Datenaufnahme bei Daten 5-6 - Die Daten werden in SAP von 1 Person rückgemeldet - Die restlichen Daten werden von 1 Person aufgenommen			Nach welchem Plan wird die Datenerfassung durchgeführt? - Erstellen der Listen - Auswertung der SAP-Daten Wie werden die Daten dargestellt? - Verteilungskurven für jeden Datensatz → Berechnung der DPMO Werte - Zusammenfassung im Leitstand		

Abbildung 61: Data Collection Plan im Anwendungsbeispiel

Als Bewertungskriterien wurden die Zielkriterien des Lean Production Systems gemäß Kapitel 4.2.2 herangezogen. Weiterhin wurde im Data Collection Plan für jedes Bewertungskriterium das Messverfahren (Wie wird die Messung durchgeführt?), die Messhäufigkeit (Wie erfolgt die Stichprobenentnahme?) und die Erfassung der Daten, wie Abbildung 61 zeigt, festgelegt. Auch die Anforderung der Kunden (s. VOC/CTQ in Kapitel 5.2.1), nämlich die vorhandene Datenbasis so weit wie möglich zu nutzen, findet im Data Collection Plan Berücksichtigung.

In Ergänzung zu Abbildung 61 sei darauf verwiesen, dass sich bei der Erstellung des Data Collection Plans zeigt, dass die Bewertungskriterien eine ausreichende Flexibilität aufweisen, um genau auf den Anwendungsfall abgestimmt werden zu könnten. Beispielsweise zeigte sich, dass mit dem Kriterium „Bewegungsabläufe“ aufgrund des hohen Automatisierungsgrades keine repetitiven Tätigkeiten, bzw. Bewegungen der Mitarbeiter gemessen werden konnten. Aus diesem Grund wurde in diesem Fall auf die Bewegung der Anlage und somit auf die Anlagen-Zykluseffizienz zurückgegriffen. Im Gegensatz zum vorherigen Kriterium „Bearbeitung/ Fertigungskosten“ wurden hier die wertschöpfenden Anteile analysiert und nicht die gesamten Kosten des Prozessschrittes.

Auch die Bewertung des Kriteriums „Belastungsschwankungen“ wurden an die Unternehmenssituation angepasst werden. Die Fertigungsaufträge wurden als Auftragsvorrat an die Fertigung gegeben, ohne konkrete Einplanung in ein Zeitfenster. Die Belastungsschwankungen konnten somit nicht anhand der vorgegebenen Auftragsplanzahl in einem Zeitfenster, sondern nur anhand der rückgemeldeten Planzeiten ermittelt werden.

Anhand dieses Data Collection Plans wurden die Messwerte für alle Verschwendungsarten aufgenommen und dargestellt. Abbildung 62 zeigt das Ergebnis dieser Messung exemplarisch anhand des Bewertungskriteriums „Überproduktion“.

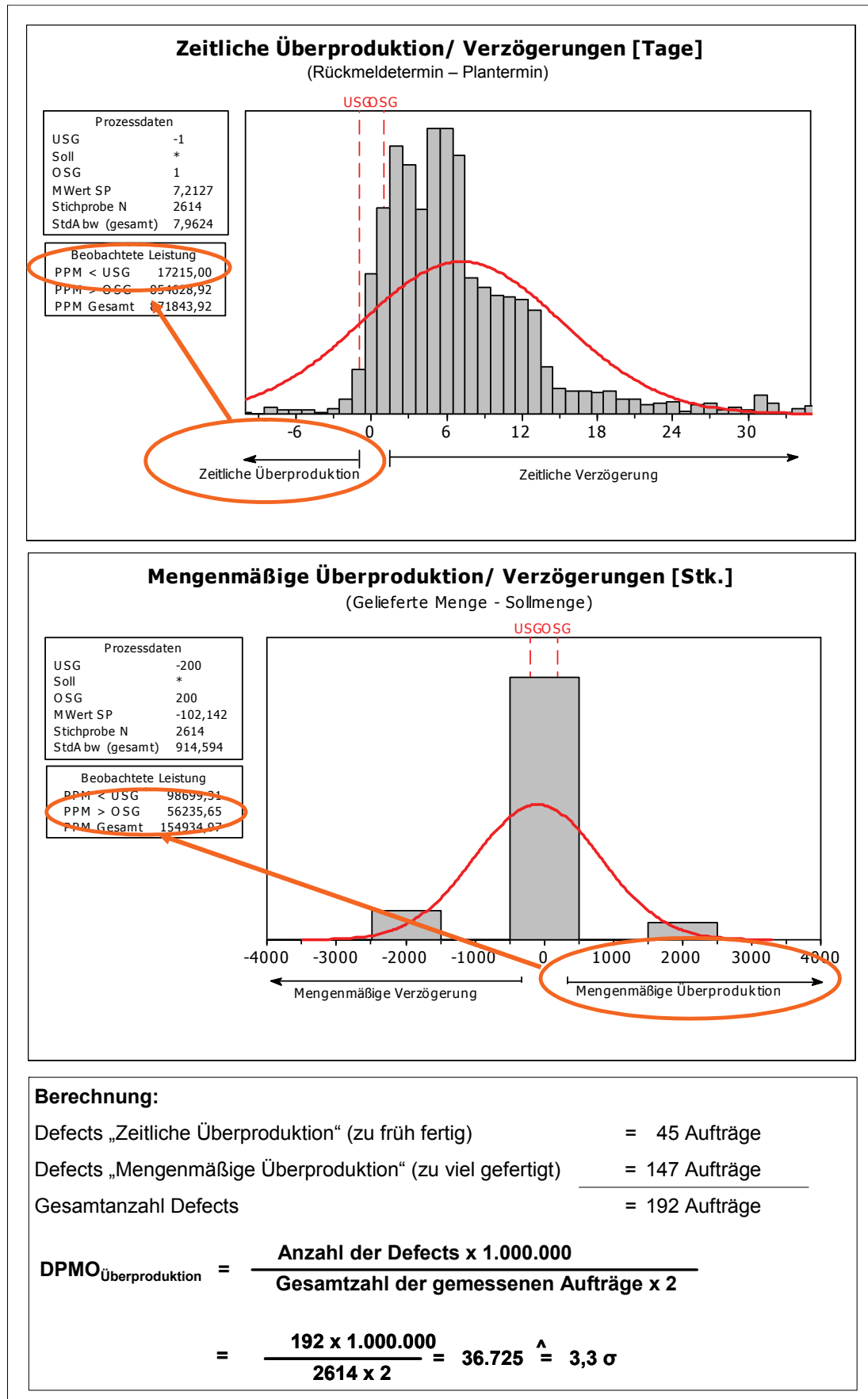


Abbildung 62: Messen von Überproduktion mit 6 Sigma als Zielwert

Die Verteilung zeigt die Streuung der Fertigstellungstermine im Vergleich zu den Planterminen auf. Die Aufträge, die vor dem Plantermin fertig wurden, also im negativen Bereich liegen, weisen eine zeitliche Überproduktion auf. Als untere Toleranzgrenze wurde im Anwendungsbeispiel der Wert „-1 Tag“ festgelegt (siehe auch Project Charter in Kapitel 5.2.1). In der Praxis bedeutet dies, dass die Aufträge einen Tag früher fertig gestellt wurden, als sie vom Kunden eigentlich bestellt waren. Entsprechend liegt die errechnete DPMO-Rate für die beiden Möglichkeiten „zeitliche“ und „mengenmäßige“ Überproduktion bei 36.725. Dies entspricht einem Sigma-Niveau von 3,3 σ .

Als Gesamtergebnis zeigten sich hinsichtlich der einzelnen Bewertungskriterien deutliche Unterschiede. So waren die Ergebnisse bezüglich der Kriterien „Überproduktion“, „Bewegungsabläufe“ und „Interner Ausschuss“ relativ gut. Deutlich schlechter waren die Ergebnisse bei den restlichen Kriterien (s. Abbildung 63).

Bewertungskriterium	DPMO-Wert	6 Sigma Niveau
1. Überproduktion	36.725	3,3 σ
2. Verzögerungen	477.664	1,6 σ
3. Lagerbestand	903.361	0,1 σ
4. Transportbewegungen	1.000.000	0,0 σ
5. Bearbeitung/ Fertigungskosten	948.718	0,6 σ
6. Bewegungsabläufe	31.230	3,4 σ
7. Interner Ausschuss	787	4,7 σ
8. Unausgeglichenheit	823.797	0,6 σ
9. Überbelastung	584.670	1,3 σ

Abbildung 63: Gesamtergebnis der Messung mit 6 Sigma als Zielwert

Dem Projektteam wurde bei dieser Auswertung besonders deutlich, wie stark sich die Zielvorgaben (Ober- und Untergrenzen) auf das 6 σ Niveau auswirken. Bei der Zieldefinition von Lagerbestand und Transportwegen wurde von einem absoluten Idealzustand ausgegangen, bei dem die Anlagen praktisch ohne Wege verkettet sind und minimale Bestände ausreichen, um kleine und geglättete Losgrößen der Endmontage zu liefern. Auch bei den Fertigungskosten wurde eine sehr ambitionierte Zielvorgabe als neue Obergrenze festgelegt. Entsprechend selten konnten bei diesen Kriterien die Toleranzgrenzen eingehalten werden.

Messen des Lean-Umsetzungsstandes nach Bewertungskatalog

Die Messung des Lean-Umsetzungsstandes erfolgte mittels des im theoretischen Teil der Arbeit entwickelten Bewertungskatalogs (s. Anhang 9.3). Abbildung 64 zeigt einen Auszug aus dieser Bewertung. Im Anwendungsbeispiel wurde die Bewertung für jeden Prozessschritt vorgenommen, um einen größtmöglichen Detaillierungsgrad zu erreichen. Über die Berechnung des arithmetischen Mittels wurden die Einzelwerte der Prozessschritte für jedes Bewertungskriterium zusammengefasst.

Die Anwendung des Bewertungskataloges hat gezeigt, dass sich aufgrund der Einzelbewertungen auch heterogene Bereiche gezielt bewerten lassen. Die Aggregationsstufen ermöglichen anschließend eine Bewertung entsprechend des benötigten Detaillierungsniveaus. Beispielsweise lassen sich für die Betrachtungen eines Werkleiters die Ergebnisse einer gesamten Abteilung aufbereiten wohingegen der Fertigungsleiter die Ergebnisse je Maschinengruppe analysieren kann.

Bewertung Lean Production System		Abteilung: Fertigung		Produkt: Rohbearbeitung		Teilnehmer: N.N.		Datum: 03.06.2010	
		Bereitschaft		Bereitschaft		Bereitschaft		Bereitschaft	
		nicht vorhanden	nervorgend ausgeführt	nicht vorhanden	nervorgend ausgeführt	nicht vorhanden	nervorgend ausgeführt	nicht vorhanden	nervorgend ausgeführt
Lean Elemente und deren Bewertungskriterien		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.	
Produktionsplanung und -steuerung		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.	
Produktionsplanung		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.		0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.	
Gesamtergebnis		4,7		4,7		4,7		4,7	
Teilergebnis		3,7		3,7		3,7		3,7	
Identifikation der Kundenwünsche und -bedarfe		4		4		4		4	
- Marktforschung der langfristigen Kundenbedürfnisse (6 Jahre)		4		4		4		4	
- Jährliche Marktforschung für Verkaufsplanning		3		3		3		3	
- Vornersage von Handlen für monatliche Verkaufsplanning		5,0		5,0		5,0		5,0	
Verkaufsplanning		5,0		5,0		5,0		5,0	
- Langfristige Verkaufsplanning basierend auf Marktforschung		4		4		4		4	
- Jährliche Verkaufsplanning basierend auf Marktforschung		6,0		6,0		6,0		6,0	
- Monatliche Verkaufsplanning basierend auf Vornersage		4,6		4,6		4,6		4,6	
Produktionspläne		5,0		5,0		5,0		5,0	
- Langfristiger Produktionsplan basierend auf langfristiger Verkaufsplanning		4,0		4,0		4,0		4,0	
- Produktionsjahresplan basierend auf jährlicher Verkaufsplanning		6,0		6,0		6,0		6,0	
- Produktionsmonatsplan basierend auf monatlicher Verkaufsplanning		3,0		3,0		3,0		3,0	
- Systematische aktuelle Einplanung basierend auf Auftrag oder Prognose		5,0		5,0		5,0		5,0	
- Systematische Planung der Montageherfentolge		6,0		6,0		6,0		6,0	
Festlegung der Fertigungsstelle und -breite		6,0		6,0		6,0		6,0	
- Festlegen der Fertigungsstelle und -breite, mit Strategie abgestimmt		6,0		6,0		6,0		6,0	
- Planung der Eigenproduktion und der Zulieferer (Auslastungsplanung)		4,0		4,0		4,0		4,0	
Kapazitätsplanung		4,0		4,0		4,0		4,0	
- Langfristiger Produktionskapazitätsplan (6 Jahre)		3,0		3,0		3,0		3,0	
- Mittelfristiger Produktionskapazitätsplan (1 Jahr)		4,0		4,0		4,0		4,0	
- Kurzfristiger Produktionskapazitätsplan (1 Monat)		5,0		5,0		5,0		5,0	
Produktionsnivellierung und -glättung: Heijunka		0,3		0,3		0,3		0,3	
Produktionsnivellierung		0,7		0,7		0,7		0,7	
- Verteilung des Monatsbedarfes (SEndprodukt) als gleichmäßiger Produktmix auf jeden Fertigungsstag		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Visualisierung der Nivellierung (Heijunka-Board)		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Einhalten der Nivellierung		0,0		0,0		0,0		0,0	
Produktionsglättung		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Verteilung des nivellierten Tagesbedarfes (SEndprodukt) auf einzelne Fertigungssequenzen (A-B-C-A)		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Visualisierung der Glättung (Heijunka-Board)		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Einhalten der Glättung		0,0		0,0		0,0		0,0	
Produktionssteuerung: Pull-Prinzip		3,7		3,7		3,7		3,7	
Pull-Prinzip		6,0		6,0		6,0		6,0	
- Steuerung erfolgt nach dem Pull-Prinzip (Ausnahme kundenspezifische Teile mit Beschaffungszeit > Auftragszeit)		0,0		0,0		0,0		0,0	
JIT/ Just-in-Sequenz		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Lieferung erfolgt JIT		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Lieferung erfolgt Just-in-Sequenz		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Teile bzw. Komponenten klar und fundiert definiert		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Lieferfrequenz und Liefermenge systematisch ermittelt		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Menge, Standort usw. einseitig visualisiert		0,0		0,0		0,0		0,0	
- JIT-Lieferung erfolgt durch JIT-Produktion, nicht durch Zwischenlager		0,0		0,0		0,0		0,0	
- Reliabler Ablauf (keine Feinmengen, Stillstandszeiten, Feuerwektion, etc.)		0,0		0,0		0,0		0,0	
Kanban		5,2		5,2		5,2		5,2	
- Pull-Prinzip-Steuerung erfolgt mittels Kanban		5,0		5,0		5,0		5,0	
- Teile bzw. Komponenten klar und fundiert definiert		8,0		8,0		8,0		8,0	
- Systematische Auslegung des Kanban-Systems (Anzahl Behälter/ Boven, Menge, Wiederbeschaffungszeit)		5,0		5,0		5,0		5,0	
- Sicherstellung der Anpassung bei langfristigen Bedarfänderungen (Überprüfen der Umschlagfähigkeit)		4,0		4,0		4,0		4,0	
- Klare Visualisierung des Kanban-Systems und des Kanban-Prozesses		4,0		4,0		4,0		4,0	
- Einhalten der Produktiv/ Nachlieferung entsprechend der Kanban-Bestellung		4,0		4,0		4,0		4,0	

Abbildung 64: Bewertung des Lean-Umsetzungsstandes im Anwendungsbeispiel

Das vollständige Ergebnis der Bewertung wurde abschließend in einem Säulendiagramm visualisiert, wie Abbildung 65 zeigt.

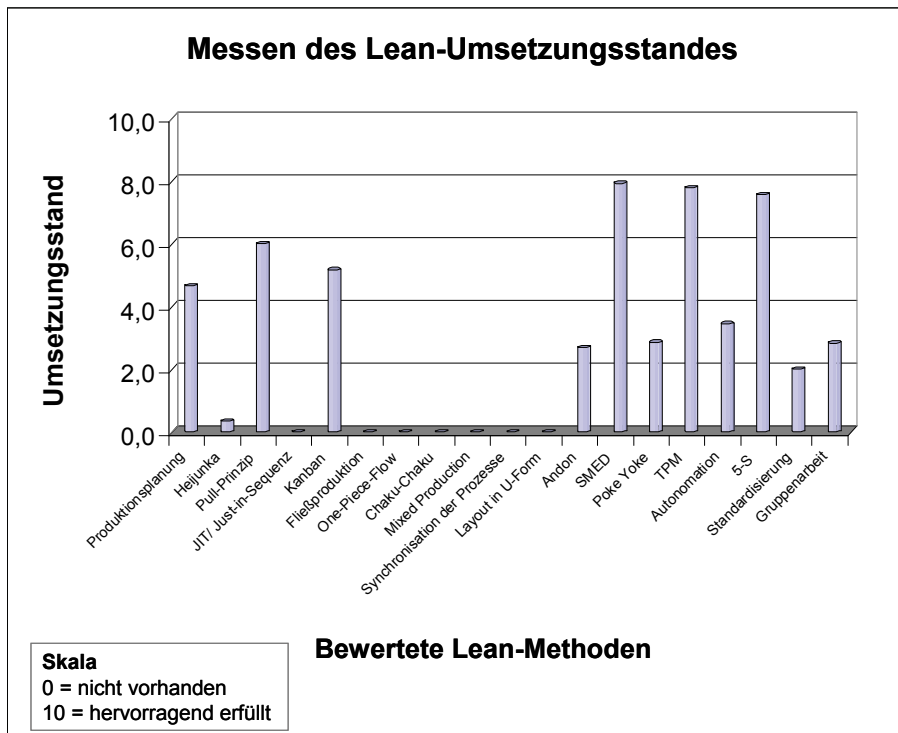


Abbildung 65: Messen des Lean-Umsetzungsstandes im Anwendungsbeispiel 1

Anhand des Säulendiagramms wird deutlich, welche Lean-Methoden relativ gut im Anwendungsbeispiel umgesetzt sind (z. B. TPM, 5-S und SMED) und welche nahezu vollständig fehlen (z. B. Heijunka, Fließfertigung, Chaku-Chaku, Synchronisation) (s. Abbildung 65).

5.2.3 Analyse: Analyse der Bewertungen

Im Zentrum der Analyse Phase steht die systematische Auswertung und Interpretation der Messergebnisse mit Hilfe des House-of-Lean-Quality. Als Ergebnis sollen die Stärken und Schwächen des Anwendungsbeispiels identifiziert werden.

Analyse mit Hilfe des House-of-Lean-Quality

Wie im Methodenteil (s. Kapitel 4.3.4) erläutert, werden im House-of-Lean-Quality zunächst die Ergebnisse zur Messung von Verschwendung mit 6 Sigma eingetragen. In Abhängigkeit dieser Ergebnisse und unter Berücksichtigung der Unternehmensziele und -interessen wurden im Projektteam die Werte für die Gewichtung festgelegt. Als Beispiel sei an dieser Stelle das Bewertungskriterium „Verzögerungen“ erläutert: Bei diesem Kriterium hat der Anwendungsbereich mit einem Wert von 1,6 σ schlecht abgeschnitten. Verzögerungen bedeuten eine Auslieferung der Ware an den Kunden nach dem fälligen Wunschtermin. Diese Situation ist mit dem Unternehmensverständnis, das die Kundenorientierung und -zufriedenheit an oberste Stelle setzt, nicht zu vereinbaren (s. Zieldefinition in Kapitel 5.2.1). Aus diesem Grund wurde diesem Kriterium mit einer Gewichtung von „10 Punkten“ die höchste Priorität zugesprochen (s. Abbildung 66).

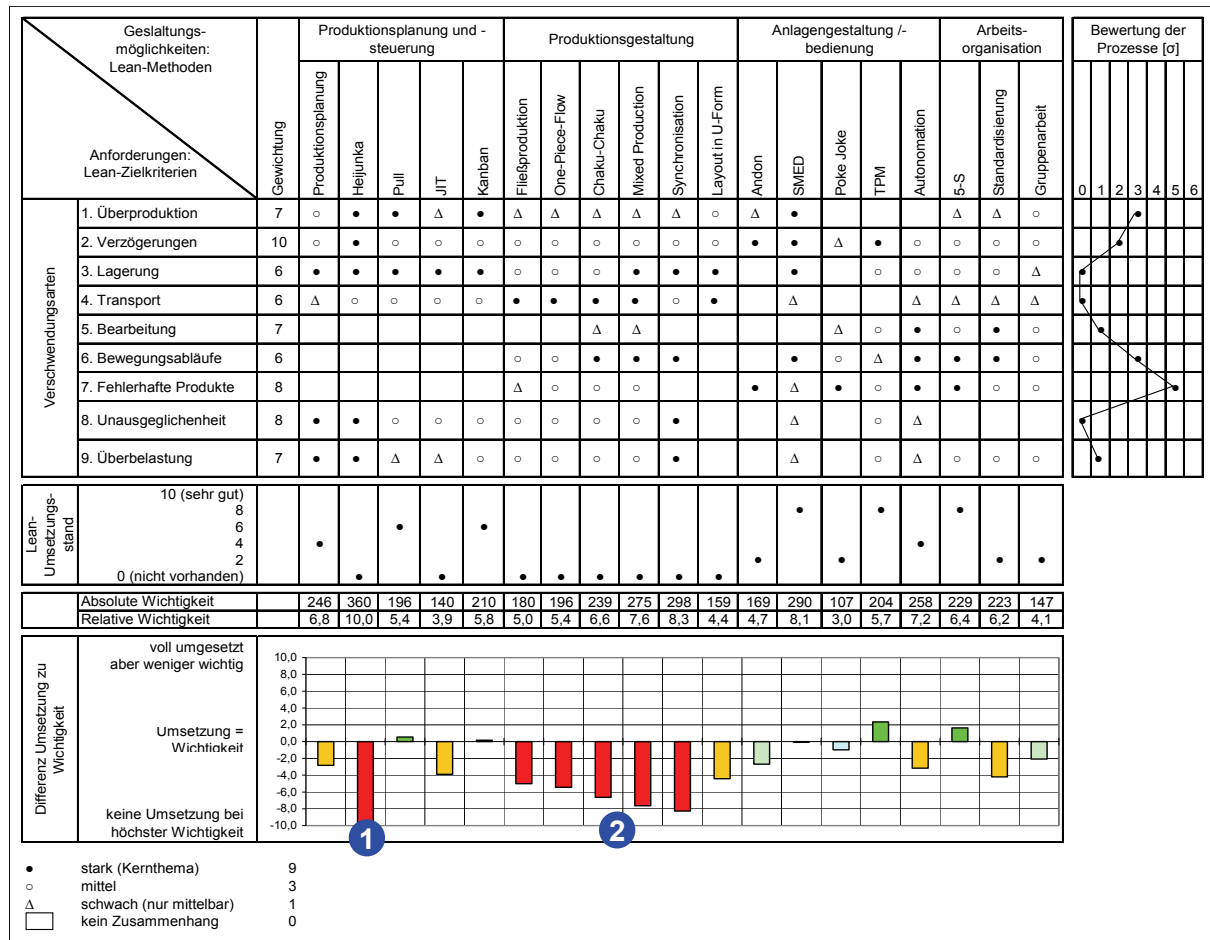


Abbildung 66: House-of-Lean-Quality im Anwendungsbeispiel 1

Die Beziehungsmatrix, die die Zusammenhänge zwischen den Verschwendungsarten den Lean-Methoden quantifiziert, wurde in einem Workshop mit Lean-Experten aus dem Zentralbereich erstellt. Im ersten Schritt des Workshops konnte jeder Teilnehmer seine Korrelationseinschätzung mit Hilfe von Klebepunkten abgeben. Darauf aufbauend wurde im zweiten Schritt, in einer gemeinsamen Diskussion, die Korrelationsstärke für jedes Matrixfeld definiert.

In der Zeile „Messen des Lean-Umsetzungsstandes“ erfolgte eine Übertragung der entsprechenden Werte aus der Measure Phase (s. Kapitel 5.2.2). Beispielsweise wurde für das Lean Gestaltungselement „Produktionsplanung“ das Bewertungsergebnis „5“ eingetragen. Die absolute und die relative Wichtigkeit der Lean-Methoden konnte anhand der Vorschriften von Kapitel 4.2.3 errechnet werden.

Die Differenz aus den Werten des Lean-Umsetzungsstandes und der relativen Wichtigkeit führte schließlich zu dem Stärken-Schwächen-Vergleich (s. Abbildung 66, unterste Zeile). Als Ergebnis der Analyse lassen sich folgende Stärken und Schwächen ableiten:

Stärken:

- Pull-System in Verbindung mit Kanban-Lager
- Umsetzung von TPM, 5-S und SMED

Schwächen:

- Fehlende Heijunka (s. Abbildung 66, Punkt 1)
- Mängel in der Produktionsgestaltung (Fließproduktion mit One-Piece-Flow, Chaku-Chaku, Mixed Production, Synchronisation, Layout) (s. Abbildung 66, Punkt 2)

Die objektive und eindeutig nachvollziehbare Auswertung des House-of-Lean-Quality überzeugte das Projektteam. Im Anwendungsfall bewährte sich das House-of-Lean-Quality durch die Identifikation und Darstellung der Schwachstellen (z. B. Heijunka).

Interessanter- und richtigerweise stufte das House-of-Lean-Quality manche Lean-Methoden als geringe Schwachstelle ein (z. B. Poke Yoke), obwohl sie in der Umsetzung relativ schlecht bewertet wurden. Dies zeigt, dass das House-of-Lean-Quality in der Lage ist, hinsichtlich der Bedeutung der Lean-Methoden für das jeweilige Anwendungsbeispiel klar zu differenzieren.

Einen weiteren Vorteil in der Anwendung des House-of-Lean-Quality sah das Projektteam in der Möglichkeit einer Sensitivitätsanalyse. Beispielsweise konnte durch eine Veränderung der Werte des Umsetzungsstandes simuliert werden, welche Lean-Methoden dann relevant wären.

5.2.4 Improve: Verbesserungsprojekte in der Rohrbearbeitung

In der Improve Phase sollen die identifizierten Schwächen des Anwendungsbeispiels behoben werden. Entsprechend den Ergebnissen der Analyse Phase ergaben sich damit zwei Verbesserungsprojekte:

1. Einführung einer Produktionssteuerung mittels einer „Heijunka“ (Kapitel 5.2.4.1)
2. Reorganisation von einer Werkstattfertigung zu einer Fließfertigung (Kapitel 5.2.4.2).

Im Folgenden werden der Ausgangszustand, die Vorgehensweise und die Ergebnisse beider Verbesserungsprojekte aufgezeigt.

5.2.4.1 Verbesserungsprojekt 1: Einführung einer Produktionssteuerung mittels einer „Heijunka“

Das Ziel dieses Verbesserungsprojektes bestand darin, die Schwachstelle einer Produktionssteuerung ohne „Heijunka“ zu beheben.

Ausgangszustand:

Im Ausgangszustand folgte die Produktionssteuerung einem klassischen ERP-Ablauf (SAP-System). Die Materialentnahme aus dem Kanban-Lager löste zunächst einen Planauftrag im SAP-System aus. Diesen wandelte die Disposition nach einem Algorithmus unter Berücksichtigung geplanter Kundenbedarfe, Rüstzeiten usw. (s. Abbildung 67, Nr. 2) um. Danach wurden die Fertigungsaufträge von der Disposition den passenden Maschinen zugeordnet und als Arbeitsvorrat an den Maschinen bereitgestellt (s. Abbildung 67, Nr. 4). Die Mitarbeiter hatten die Aufgabe, diesen Arbeitsvorrat so schnell wie möglich abzuarbeiten (Abbildung 67, Nr. 5). Eine Rückmeldung der Aufträge im SAP-System erfolgte bei Auftragsbeginn und bei Auftragsende.

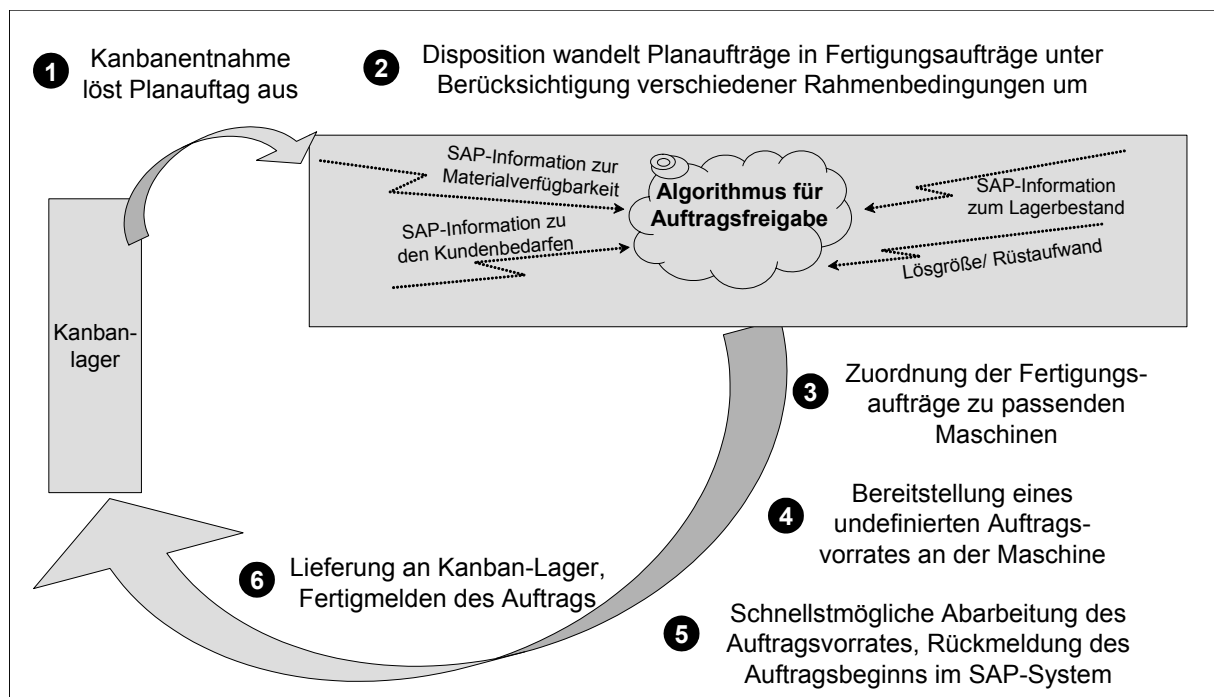


Abbildung 67: Ist-Zustand der Produktionssteuerung ohne Heijunka

Das Verfahren im Ausgangszustand hatte folgende wesentliche Nachteile:

- 1. Hoher Planungsaufwand:** Die obigen Ausführungen zeigen den Aufwand in der Disposition zum Auslösen und Bereitstellen der Fertigungsaufträge.
- 2. Fehlende Transparenz:** Da der Auftragsvorrat zeitlich und mengenmäßig nicht definiert ist, ließ sich nicht erkennen, in welchem Fortschrittszustand sich die Fertigung befand. Es war stets unklar, ob der Zustand der Überproduktion (zu schnell) oder der Verzögerung (zu langsam) bestand.
- 3. Hektik:** Die Vorgabe der „schnellstmöglichen Abarbeitung des Auftragsvorrats“ führte dazu, dass die Mitarbeiter ständig das Gefühl hatten, noch schneller produzieren zu müssen und stets verspätet zu sein.

Vorgehensweise mit Six Sigma Roadmap

Abbildung 68 zeigt die Six Sigma Roadmap und damit die Vorgehensweise zur Gestaltung der Produktionssteuerung. Sie gibt die Eckpunkte und Kernelemente der einzelnen Phasen wieder.

Phase	Six Sigma Methoden	Umsetzungsbeispiel																																																																																
Define	<p>1. Project Charter: (Auszug)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Gestaltung der Produktionssteuerung ▪ Problemstellung: Verschwendung in Form v. Überproduktion Verzögerungen, Lagerung, Überbelastung/ Schwankungen ▪ Projektziel: Glättung der Bedarfsschwankungen, Nivellierung des Produktmixes, Verteilung auf Fertigungslinien, übersichtliche Steuerung der Fertigung ▪ Lean Kriterien: Überproduktion, Verzögerungen, Lagerbestand, Schwankungen/ Überbelastung ▪ Anwendungskennzahlen: Belastungsschwankungen <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung Prozessablauf, Problemaufnahme <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 																																																																																	
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kundenbedarfe u. Bedarfsschwankungen je Produkt ▪ Nachfragezyklus und Nachfragemenge ▪ Produktionslosgrößen, Produktionsreihenfolge ▪ Zykluszeiten-/ Taktzeitendiagramm ▪ Optimale Rüstreihenfolge ▪ Teilefamilien und techn. Fähigkeiten der Einzelanlagen <p>5. Aufnahme der Ist-Situation nach Data Collection Plan</p>	<p>Zykluszeiten/ Taktzeitendiagramm</p>																																																																																
Analyze	<p>6. Überprüfen des Ablaufs zur Produktionsnivellierung und -glättung hinsichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ist-System zur Glättung der Kundenbedarfe (Kanbanlager und kundenseitige Glättung (Vormontage)) ▪ Ist- System zur Nivellierung (geregelter Produktmix, Reihenfolge nach optimaler Rüstreihenfolge) ▪ Produktionslosgrößen im Verhältnis zur Rüstzeit ▪ Bedarfsmengen und -schwankungen (ABC-XYZ-Analyse) ▪ Zykluszeiten-/Taktzeitdiagramm → Engpass/ Synchronisation <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>Sachnummer</th> <th>Monatsbedarf</th> <th>Schwankung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">5 mm</td> <td>226</td> <td>280.000</td> <td>+ 5% - 10%</td> </tr> <tr> <td>224</td> <td>240.000</td> <td>+7% -12%</td> </tr> <tr> <td>234</td> <td>120.000</td> <td>+3% -12%</td> </tr> <tr> <td>240</td> <td>120.000</td> <td>+9% -5%</td> </tr> <tr> <td>211</td> <td>360.000</td> <td>+12% -2%</td> </tr> <tr> <td>212</td> <td>440.000</td> <td>+1%</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">6 mm</td> <td>317</td> <td>360.000</td> <td>+3% -8%</td> </tr> <tr> <td>318</td> <td>416.000</td> <td>+4% -4%</td> </tr> <tr> <td>322</td> <td>48.000</td> <td>+20% -18%</td> </tr> <tr> <td>324</td> <td>192.000</td> <td>+7% -11%</td> </tr> <tr> <td>380</td> <td>192.000</td> <td>+8% -3%</td> </tr> <tr> <td>345</td> <td>192.000</td> <td>+12%</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">7,5 mm</td> <td>322</td> <td>192.000</td> <td>+3% -8%</td> </tr> <tr> <td>589</td> <td>72.000</td> <td>+30% -24%</td> </tr> <tr> <td>576</td> <td>72.000</td> <td>+28% -19%</td> </tr> <tr> <td>587</td> <td>220.000</td> <td>+7% -3%</td> </tr> <tr> <td>634</td> <td>86.000</td> <td>+11% -12%</td> </tr> <tr> <td>571</td> <td>144.000</td> <td>+12% -2%</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Exoten</td> <td>582</td> <td>96.000</td> <td>+6% -45%</td> </tr> <tr> <td>112</td> <td>10.000</td> <td>+80% -30%</td> </tr> <tr> <td>167</td> <td>7.000</td> <td>+20% -80%</td> </tr> <tr> <td>412</td> <td>15.000</td> <td>+100% %</td> </tr> <tr> <td>398</td> <td>5.000</td> <td>+100% %</td> </tr> <tr> <td>176</td> <td>6.000</td> <td>0% 100%</td> </tr> </tbody> </table>	Typ	Sachnummer	Monatsbedarf	Schwankung	5 mm	226	280.000	+ 5% - 10%	224	240.000	+7% -12%	234	120.000	+3% -12%	240	120.000	+9% -5%	211	360.000	+12% -2%	212	440.000	+1%	6 mm	317	360.000	+3% -8%	318	416.000	+4% -4%	322	48.000	+20% -18%	324	192.000	+7% -11%	380	192.000	+8% -3%	345	192.000	+12%	7,5 mm	322	192.000	+3% -8%	589	72.000	+30% -24%	576	72.000	+28% -19%	587	220.000	+7% -3%	634	86.000	+11% -12%	571	144.000	+12% -2%	Exoten	582	96.000	+6% -45%	112	10.000	+80% -30%	167	7.000	+20% -80%	412	15.000	+100% %	398	5.000	+100% %	176	6.000	0% 100%
Typ	Sachnummer	Monatsbedarf	Schwankung																																																																															
5 mm	226	280.000	+ 5% - 10%																																																																															
	224	240.000	+7% -12%																																																																															
	234	120.000	+3% -12%																																																																															
	240	120.000	+9% -5%																																																																															
	211	360.000	+12% -2%																																																																															
	212	440.000	+1%																																																																															
6 mm	317	360.000	+3% -8%																																																																															
	318	416.000	+4% -4%																																																																															
	322	48.000	+20% -18%																																																																															
	324	192.000	+7% -11%																																																																															
	380	192.000	+8% -3%																																																																															
	345	192.000	+12%																																																																															
7,5 mm	322	192.000	+3% -8%																																																																															
	589	72.000	+30% -24%																																																																															
	576	72.000	+28% -19%																																																																															
	587	220.000	+7% -3%																																																																															
	634	86.000	+11% -12%																																																																															
	571	144.000	+12% -2%																																																																															
Exoten	582	96.000	+6% -45%																																																																															
	112	10.000	+80% -30%																																																																															
	167	7.000	+20% -80%																																																																															
	412	15.000	+100% %																																																																															
398	5.000	+100% %																																																																																
176	6.000	0% 100%																																																																																
Improve	<p>8. Entwicklung eines optimierten Systems zur Produktionssteuerung in der Glührohrfertigung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kundentaktzeit 2 sek/ Teil→ Optimierung des Prozesses „Umformen 1“ zum Einhalten der Zykluszeit ▪ Entwicklung eines einfachen Systems zum Nivellieren und Glätten der Fertigungsaufträge nach der Kanban-Entnahme ▪ Definition von Zeitfenstern zur Produktion von Produktmenge und Produktmix unter Berücksichtigung der optimalen Rüstfolge und Maschineneigenschaften: Wochenplan ▪ Entwicklung eines transparenten Systems zur Steuerung und Visualisierung der Aufträge: Steuerungsboard ▪ Darstellung des neuen Ablaufs zur Produktionssteuerung <p>9. Einführung des optimierten Systems zur Produktionssteuerung in der Glührohrfertigung</p>																																																																																	
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit Ziel-System</p> <p>11. Kontrolle des Ergebnisses anhand der Kennzahlen</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>																																																																																	

Abbildung 68: Six Sigma Roadmap zur Einführung der Produktionssteuerung mittels „Heijunka“

Ergebnis

Das Ergebnis des Verbesserungsprojektes bestand in einem klaren Ablauf mit einer Steuerungsbox zur Produktionssteuerung. Ausgangspunkt des neuen Ablaufes bildete das SAP-geführte Kanban-Lager. Erfolgt eine Entnahme von Teilen durch den Kunden (Montagebereich), werden automatisch vom SAP-System Fertigungsaufträge (FAUF) mit definierten Losgrößen (Losgrößenbildung) ausgelöst (Abbildung 69, Nr. 1). Die Losgröße wurde so festgelegt, dass sie an den Engpassanlagen in einer Schicht abgearbeitet werden kann. Im Sinne der Nivellierung stellt diese Auftragsgröße den gleichmäßigen „Schichttakt“ dar. Diese Fertigungsaufträge werden in der Steuerungsbox einsortiert (Abbildung 69, Nr. 2). Um den Rüstaufwand gering zu halten, wurden den einzelnen Sägemaschinen bestimmte Teilefamilien zugeordnet. Entsprechend der vorgegebenen Reihenfolge wird vom Mitarbeiter der nächste Fertigungsauftrag für den Produktionsstart entnommen und abgearbeitet (Abbildung 69, Nr. 3). Die Rückmeldung des Produktionsstartes und –endes erfolgt weiterhin in SAP, um die Rohmaterialentnahmen und die Bestände in der Fertigung (Abbildung 69, Nr. 4 und Nr. 5) korrekt zu verbuchen. Nach Abschluss aller Fertigungsschritte erfolgt die Lieferung an das Kanban-Lager (Abbildung 69, Nr. 5).

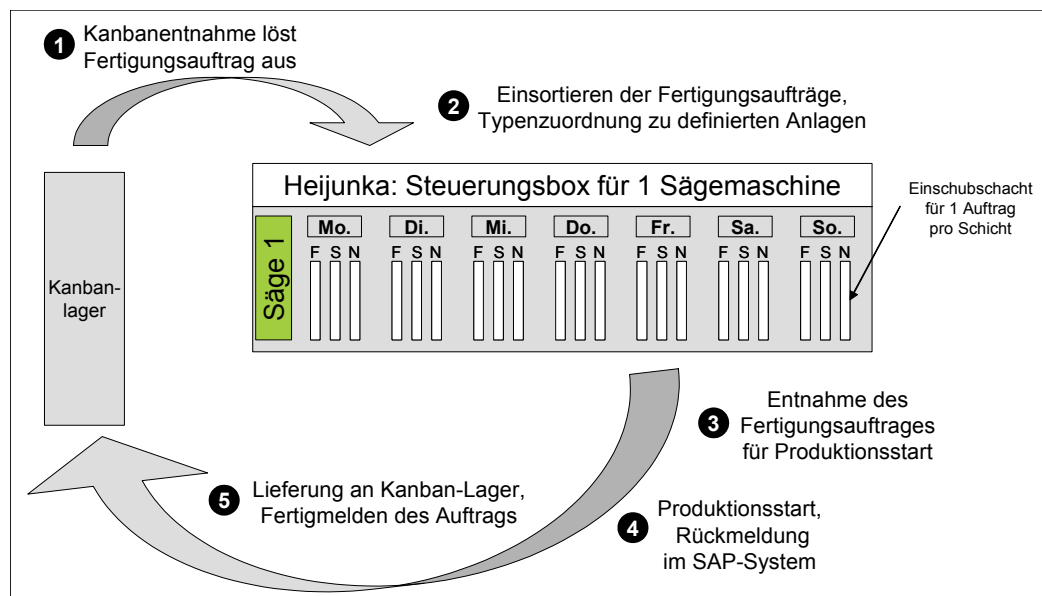


Abbildung 69: Gestaltung der Produktionssteuerung mittels Steuerungsboard

Im Anwendungsbeispiel konnten durch die Einführung der Lean-Methode „Heijunka“ folgende wesentliche Ergebnisse erreicht werden:

1. **Geringer Planungsaufwand:** Die unmittelbare Erstellung von Fertigungsaufträgen durch Kundenentnahmen reduzierte den Planungsaufwand wesentlich.
2. **Transparenz:** Die Steuerungsbox zeigte klar die Auftragsreihenfolge und spiegelte eine Überproduktion oder Verzögerung sofort wieder.
3. **Gleichmäßigkeit:** Durch die Einteilung in „Schichttakte“ trat eine „Beruhigung“ der Fertigung ein, da das Ziel klar und kalkulierbar war. Das Gefühl „ständig verspätet zu sein“ verschwand.
4. **Reaktionsgeschwindigkeit:** Als Folge der erwähnten Transparenz konnten Rohmaterialengpässe viel früher erkannt werden. Dies wiederum ermöglichte eine rechtzeitige Reaktion auf diese Fehlmengen.

Im Sinne der Kaizen Philosophie endete der DMAIC-Zyklus der Six Sigma Roadmap nicht mit der einmaligen Optimierung, sondern fordert die Verbesserungen zu kontrollieren und fortzusetzen. Trotz der Verbesserungen bestand im Anwendungsbeispiel nach wie vor ein gewisser Aufwand in der Produktionssteuerung. Dieser war dadurch bedingt, dass aufgrund der Rüstzeiten eine optimierte

Auftragsreihenfolge eingehalten werden sollte. In der nächsten Verbesserungsstufe sind daher die Rüstzeiten so weit zu reduzieren, dass ein beliebiger Produktmix (Glättung) gefertigt werden kann. Die Planung der Rüstreihenfolge und der Wochenplan könnten dann vollständig entfallen und die Aufträge würden unmittelbar vom Kanban-Lager an die Linie übermittelt.

5.2.4.2 Verbesserungsprojekt 2: Reorganisation von der Werkstattfertigung zur Fließfertigung

Als zweites Verbesserungsprojekt wurde im Anwendungsbeispiel 1 die Reorganisation von der Werkstattfertigung zur Fließfertigung definiert. Das Ziel dieses Verbesserungsprojektes bestand darin, die identifizierten Schwächen der Produktionsgestaltung (Fließproduktion mit One-Piece-Flow, Chaku-Chaku, Mixed Production, Synchronisation, Layout) zu beheben.

Ausgangszustand

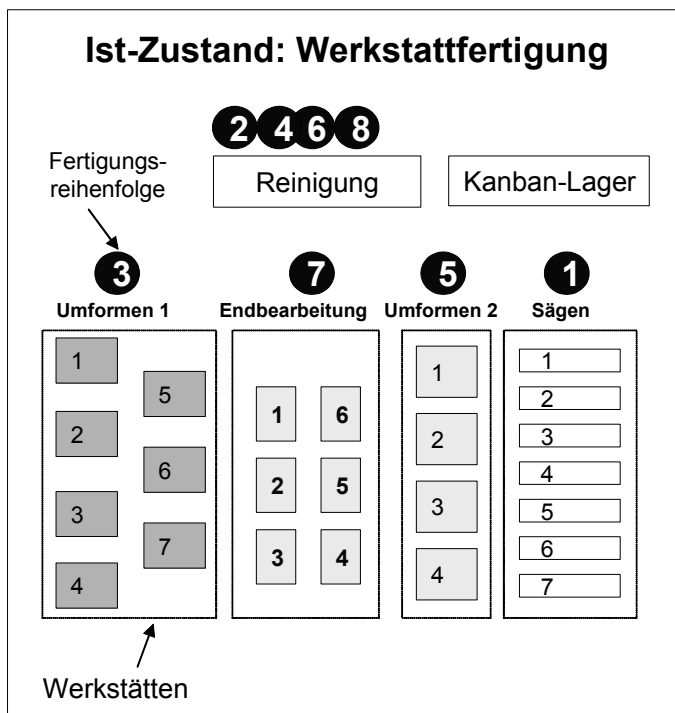


Abbildung 70: Ist-Zustand im Anwendungsbeispiel

Vorgehensweise


Phase	Six Sigma Methoden	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Gestaltung einer Fließproduktion ▪ Problemstellung: Verschwendung in Form von Überprodukt, Verzögerungen, Beständen, Transportaufwand ▪ Projektziel: Auslegung und Implementierung von Fertigungslinien ▪ Lean Kriterien: Überproduktion Verzögerung, Lagerung, Belastungsschwankungen ▪ Anwendungskennzahlen: DLZ-Effizienz <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemaufnahme <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartungen der Beteiligten 	
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wertstromanalyse (Prozessablauf) ▪ Ist-Prozess-Layout (Standard-Arbeitsblatt) ▪ Aufnahme der Materialflüsse im Layout ▪ Ist-Layout der Produktionshalle, Maße der Anlagen etc. <p>5. Aufnahme der Produktionsprozesse und des Layouts nach Data Collection Plan</p>	
Analyze	<p>6. Darstellung des Prozesses: Process-at-a-Glance (Prozessschritt, Methode/ Verfahren, Messmittel, Werkzeuge, Vorrichtungen, Maschine)</p> <p>7. Analyse durch Modellvergleich mit generischem Lean Modell</p> <p>8. Definition von Schwachstellen</p>	
Improve	<p>9. Entwicklung eines Ideallayouts: (7 Ideen): Ohne Berücksichtigung von Restriktionen (Green-Field-Planung) (s. Fließproduktion)</p> <p>10. Entwicklung eines Reallayouts (7 Ideen): Berücksichtigung der Restriktionen</p> <p>11. Feinplanung: Abbildung im Maßstab 1:1 aus Papier: Mindestens 2-D, idealerweise 3-D</p> <p>12. Simulation der Abläufe: Identifikation von Problemen, Umsetzung von Verbesserungen</p> <p>13. Real-Simulation Definition von Zeiten und Abläufen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zykluszeiten-/ Taktzeitdiagramm ▪ Standard-Arbeits-Blatt ▪ Standard-Arbeits-Kombinations-Blatt 	 
Control	<p>14. Kontrolle des Ergebnisses anhand der Kennzahlen</p> <p>15. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	

Abbildung 71: Six Sigma Roadmap zur Gestaltung des Layouts für eine Fließfertigung

Ergebnis

Die Gestaltung des Layouts mit dem Ziel einer Fließfertigung erfolgte ebenfalls nach dem DMAIC-Zyklus (s. Abbildung 71). Die Define, Measure und Analyze Phase dieses Zyklus zeigten den Ist-Zustand und führten die Schwachstellen der Werkstattfertigung vor Augen. Die tatsächliche Gestaltung des neuen Layouts erfolgte in der Improve Phase. In Anlehnung an die Vorgehensweise der Fabrikplanung [KETT84] [GRUN00] gliederte sich das Vorgehen in dieser Phase in drei Detaillierungsstufen: Idealplanung, Realplanung und Detailplanung. In der Idealplanung wurden Layoutszenarien entwickelt, bei denen eine optimale Anordnung der Prozesse im Vordergrund stand, Restriktionen, wie z. B. räumliche Begrenzungen, blieben jedoch unberücksichtigt (s. Abbildung 72). Das am Besten geeignete Ideallayout-Szenario erfuhr eine weitere Konkretisierung und Anpassung in der Realplanung, indem auch die Restriktionen Berücksichtigung fanden. Es ergaben sich mehrere Reallayout-Szenarien. Diese Gestaltungsphase endete wiederum mit der Auswahl des besten Szenarios. In der Feinplanung kam im Anwendungsbeispiel eine Simulation im Echt-Maßstab zum Einsatz. Mit einfachen Hilfsmitteln (Karton, Styropor, etc.) wurden das Layout und der Ablauf für eine Linie in der Fertigungshalle abgebildet und simuliert. Die Erkenntnisse und Verbesserungsvorschläge aus der Simulation flossen in die letztendliche Umsetzung im Fertigungsbereich ein.

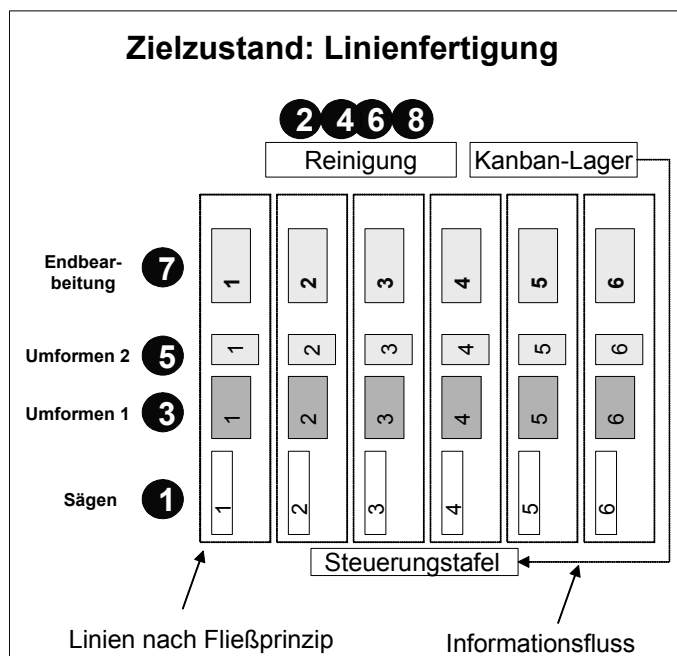


Abbildung 72: Zielzustand im Anwendungsbeispiel

Im Anwendungsbeispiel wurde letztlich ein Zielzustand in Form einer Linienfertigung geplant (s. Abbildung 72). Aufgrund des zentralen Reinigungsprozesses wurde vorgesehen, dass die Teile weiterhin nach jedem Prozessschritt zu der Anlage transportiert werden. Im Anschluss an die Feinlayoutplanung erfolgte im Anwendungsbeispiel das Umstellen der Anlagen.

5.2.5 Control: Ergebniskontrolle in der Rohrbearbeitung

Die Control Phase diente dazu, das Erreichen der gestellten Ziele aus der Define Phase zu kontrollieren. Abbildung 73 zeigt die Veränderungen und Verbesserungen im Anwendungsbeispiel mit Hilfe eines Radardiagramms, wie in Kapitel 4.3.6 empfohlen.

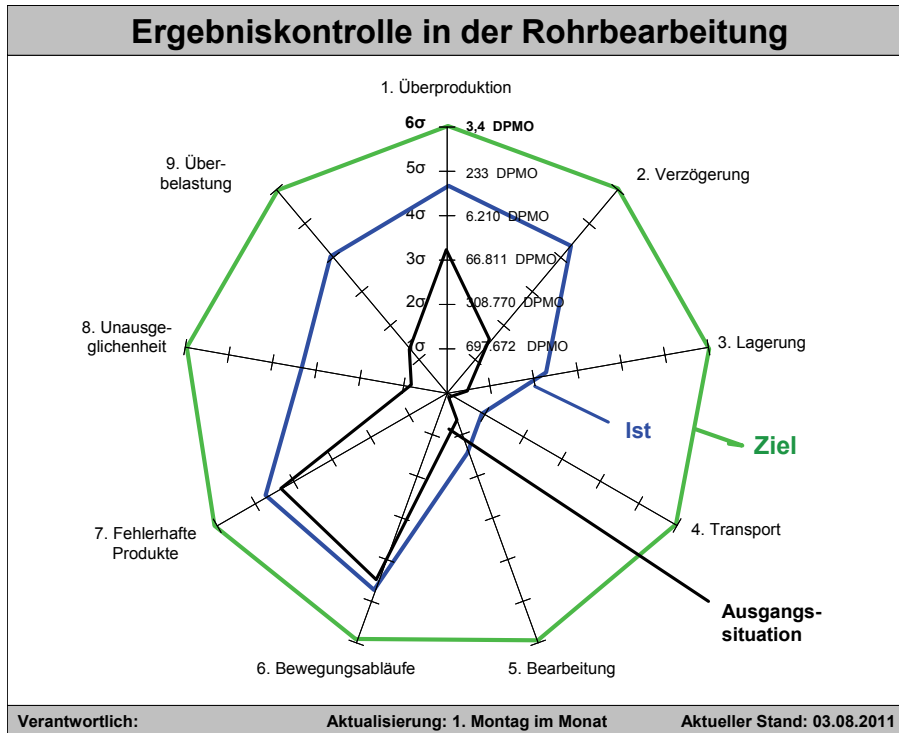


Abbildung 73: Ergebniskontrolle in der Rohrbearbeitung

Anhand des Radardiagramms lässt sich erkennen, dass insbesondere hinsichtlich der Kriterien Überproduktion, Verzögerung, Lagerung, Unausgeglichenheit und Überbelastung deutliche Verbesserungen sichtbar sind. Trotzdem konnte noch bei keinem Kriterium das Ziel von 6σ erreicht werden. Trotz der Verbesserungen sind somit weitere Optimierungen notwendig, um die anspruchsvollen Vorgaben der 6σ Zielwerte zu erreichen.

5.3 Anwendungsbeispiel 2: Dreherei

Im zweiten Anwendungsbeispiel wurde das entwickelte Vorgehensmodell im Bereich der Dreherei des gleichen Unternehmens eingesetzt. In diesem Fertigungsbereich werden rotationssymmetrische Drehteile produziert. Das Drehteil stellt die äußere „Hülle“ des Endproduktes dar. Die Herstellung erfolgt auf einer vollautomatisierten Rundtaktanlage. Ausgehend vom Stangenrohmaterial wird das Drehteil vollständig bearbeitet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Phasen in Kurzform vorgestellt.

5.3.1 Define: Definition des Projekts in der Dreherei

Die empfohlenen Methoden Project Charter, SIPOC, VOC/ CTQ wurden entsprechend den beschriebenen Vorlagen und Schritten durchgeführt. Als zentrale Erkenntnis dieses Methodeneinsatzes können die Ergebnisse des VOC/ CTQ festgehalten werden. Aufgrund des hohen Automatisierungsgrades und des starken Konkurrenzdrucks standen bei den internen Kunden folgende „critical-to-quality“ Aspekte im Vordergrund:

- Kein Ausschuss/ 100% Qualität
- Hohe Produktivität

5.3.2 Measure: Bewertung der Dreherei

Nach der Anwendung des Data Collection Plan wurden die Verschwendungsarten und der Lean-Umsetzungsstand gemessen. Die Ergebnisse der beiden Messungen werden nachfolgend geschildert.

Messen von Verschwendung mit 6 σ als Zielwert

Abbildung 74 zeigt die Ergebnisse der Messungen für die Verschwendungsarten und gibt das entsprechende Sigma Niveau wieder.

Bewertungskriterium	DPMO-Wert	6 Sigma Niveau
1. Überproduktion	29.127	3,4 σ
2. Verzögerungen	269.312	2,1 σ
3. Lagerbestand	77.218	2,9 σ
4. Transportbewegungen	68.455	3,0 σ
5. Bearbeitung/ Fertigungskosten	210.112	2,3 σ
6. Bewegungsabläufe	534.856	1,4 σ
7. Interner Ausschuss	30.250	3,4 σ
8. Unausgeglichenheit	81.153	2,9 σ
9. Überbelastung	44.936	3,2 σ

Abbildung 74: Messen von Verschwendung mit 6 σ als Zielwert im Anwendungsbeispiel 2

Auffällig war bei diesem Ergebnis das schlechte Abschneiden des Bewertungskriteriums „Bewegungsabläufe“. Aufgrund der vollautomatisierten Anlage wurden hier ausschließlich die Tätigkeiten der Mitarbeiter hinsichtlich ihres Zeitbedarfs (z. B. bei Werkzeugwechsel) und der benötigten Wege (z. B. Materialbefüllung, SPC-Kontrolle) bewertet.

Messen des Lean-Umsetzungsstandes nach Bewertungskatalog

Das Ergebnis der Messung des Lean-Umsetzungsstandes nach dem Bewertungskatalog visualisiert Abbildung 75. Im betrachteten Bereich der Drehbearbeitung fiel insbesondere das schlechte Abschneiden der folgenden Lean-Methoden auf: JIT, SMED, 5-S, Standardisierung und Gruppenarbeit. Vergleicht man die Ergebnisse des Lean-Umsetzungsstandes aus Anwendungsbeispiel 1 mit denen aus diesem Beispiel, so lässt sich ein völlig unterschiedliches Umsetzungsprofil feststellen. Dieses Resultat überraschte bei der Auswertung insbesondere deshalb, weil sich beide Fertigungsbereiche in räumlicher Nähe des Unternehmens befinden. Das Ergebnis bestätigte jedoch die Sensibilität und den hohen Grad der Differenzierung des Bewertungskatalogs.

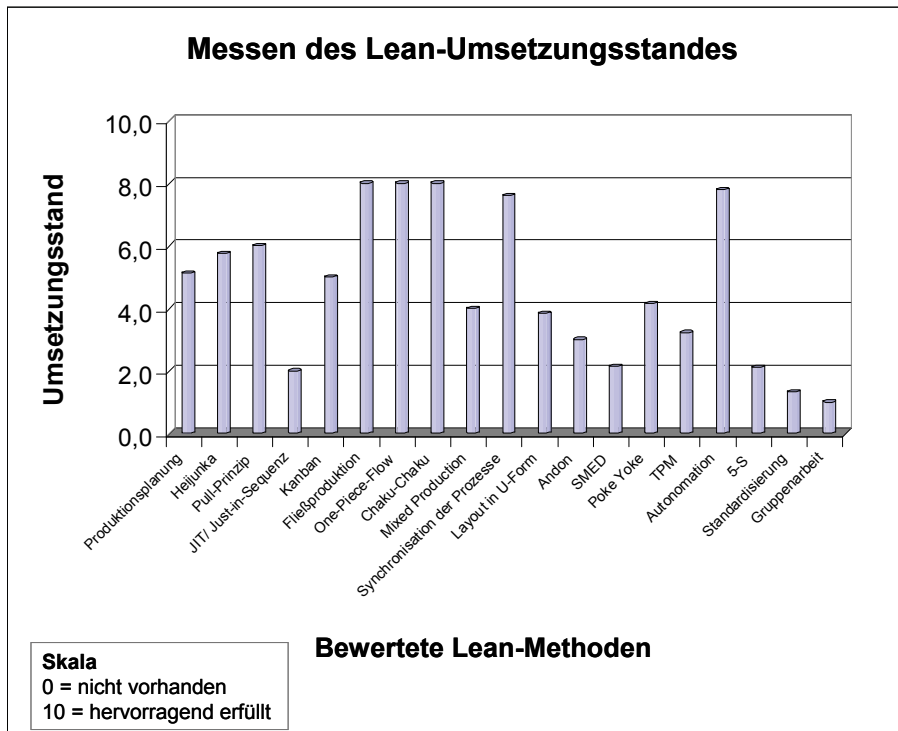


Abbildung 75: Messen des Lean-Umsetzungsstandes im Anwendungsbeispiel 2

5.3.3 Analyze: Analyse der Bewertungen

Im Vordergrund der Analyse Phase stand die Auswertung der Messergebnisse mit Hilfe des House-of-Lean-Quality. Neben der Übertragung der Messergebnisse musste die Definition der Gewichtung vorgenommen werden. Die starke Gewichtung der Bewertungskriterien „Bewegungsabläufe“ und „Fehlerhafte Produkte“ (s. Abbildung 76) trägt den eingangs erwähnten Wünschen des Managements nach Produktivität und Qualität Rechnung (s. Kapitel 5.3.1).

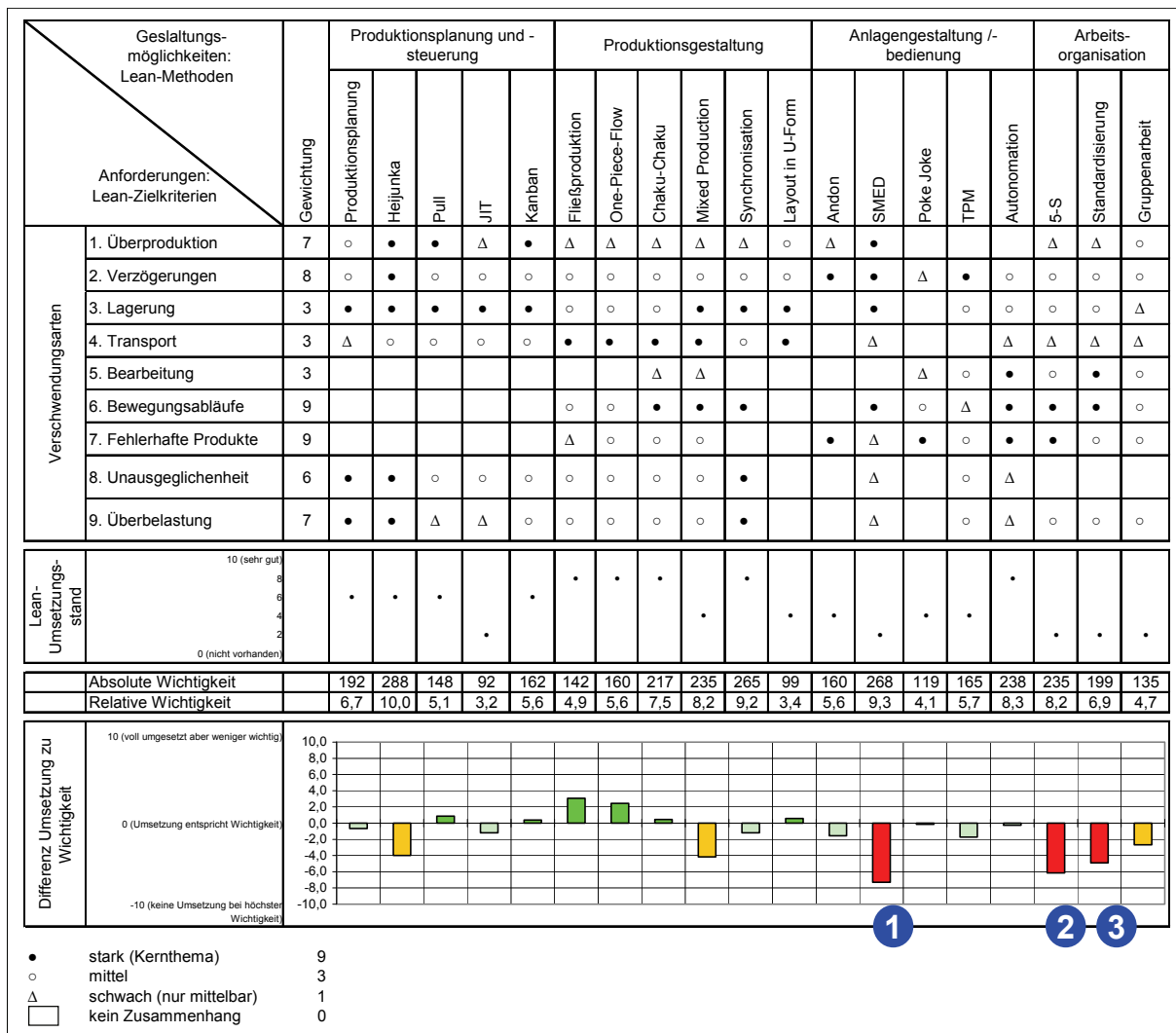


Abbildung 76: House-of-Lean-Quality im Anwendungsbeispiel 2

Als Ergebnis der Analyse mit dem House-of-Lean-Quality ließen sich die folgenden Schwächen identifizieren (vgl. Abbildung 76):

- SMED
- 5-S
- Standardisierung

5.3.4 Improve: Verbesserungsprojekte in der Dreherei

Zur Verbesserung der identifizierten Schwächen wurden verschiedene Workshops zu den einzelnen Lean-Methoden definiert und durchgeführt:

SMED

Um alle Mitarbeiter des Produktionsbereichs hinsichtlich der Rüstoptimierung zu schulen und um ein breites Verbesserungsspektrum zu generieren, wurden drei Rüstworkshops durchgeführt, die jeweils fünf Tage dauerten. Die Vorgehensweise folgte dem Vorbild der Six Sigma Roadmap (s. Anhang). Aus den Rüstworkshops ergaben sich folgende Verbesserungen: detaillierter Rüstplan, Rüst-Checkliste, Schattenbrett für die Rüstwerkzeuge, technische Optimierungen an den Anlagen. Das Ergebnis war eine Rüstzeitreduzierung um 58% und eine Verringerung der Wege um 69%.

5-S

Die Durchführung von zwei 5-S Workshops, die jeweils einen Tag dauerten, orientierte sich an der im Unternehmen etablierten Vorgehensweise. Im Vordergrund standen die Aspekte Sortieren, Säubern und Systematisieren. Die Aufgabe der Standardisierung, insbesondere die detailgenau Beschriftung, erfolgte im Nachgang. Das Thema Selbstdisziplin, bzw. Nachhaltigkeit, wird mittels wöchentlicher Kurz-Audits überwacht.

Standardisierung

Die wesentliche Abweichung bei der Bewertung des Lean-Umsetzungsstandes bestand darin, dass die Abläufe und Materialbereitstellungen nicht standardisiert und definiert waren. Gemeinsam mit dem Team wurden Ideen entwickelt und Aktivitäten geplant, wie dieser Aspekt verbessert werden könnte. Als Ergebnis wurden folgende Elemente zur Standardisierung eingeführt: einheitliche Werkzeugwägen mit definierten Schattenwänden, Bodenmarkierung für Bereitstellungsflächen, Vorrichtungen für standardisierte Ablage der Prüfmittel, Standardisierung der Aufgaben bei Schichtwechsel.

5.3.5 Control: Ergebniskontrolle in der Dreherei

Um die Wirksamkeit der Verbesserungen zu überprüfen und um deren Nachhaltigkeit sicherzustellen, wurden auf operativer Ebene folgende Kontrollen eingeführt:

- Kontrolle von SMED: Rüstzeiten werden dokumentiert und visualisiert, Abarbeiten der Rüstcheckliste wird dokumentiert.
- Kontrolle von 5-S: Wöchentliche Kurz-Audits auf Basis einer 5-S Checkliste
- Kontrolle der Standardisierung: Eigenkontrolle mit Checkliste bei Schichtwechsel

Die Veränderungen, die sich in der Dreherei hinsichtlich der Verschwendungsarten ergaben, lassen sich anhand des Radardiagramms erkennen (Abbildung 77).

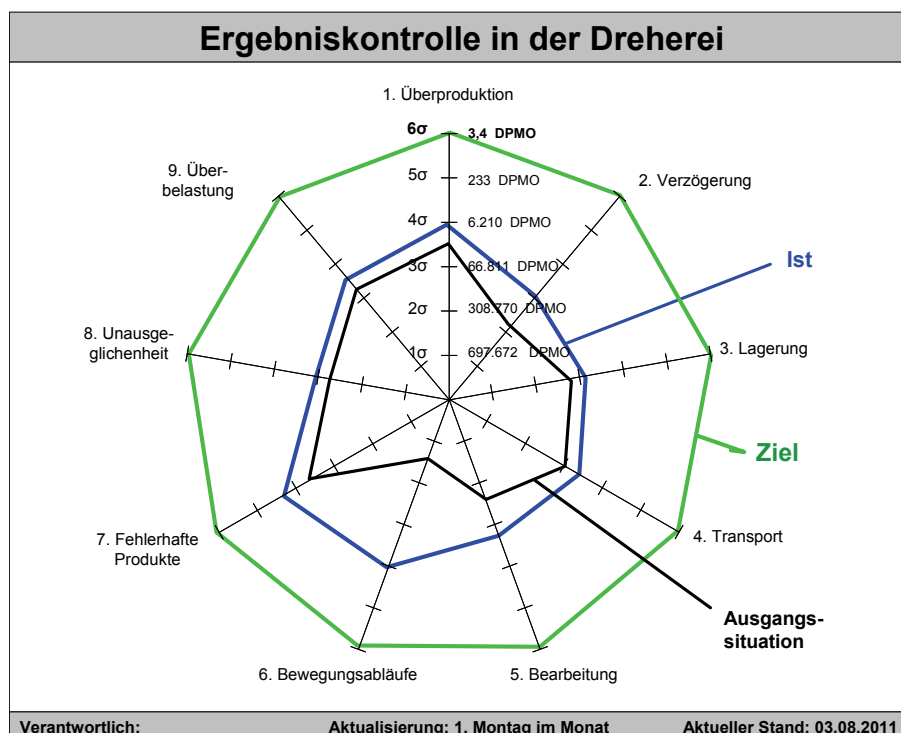


Abbildung 77: Erfolgskontrolle in der Dreherei

Es zeigt sich, dass die Verbesserungsprojekte zu einer deutlichen Vermeidung von Verschwendung hinsichtlich der Kriterien Verzögerungen, Bewegungsabläufe und Unausgeglichenheit geführt haben.

5.4 Reifegrad des Vorgehensmodells in den Anwendungsbeispielen

Die Control Phasen der Anwendungsbeispiele verdeutlichten bereits die Verbesserungen in den beiden Fertigungsbereichen hinsichtlich der Verschwendungsarten. Abgesehen von diesen operativen Erfolgswertungen soll im Folgenden der Reifegrad des Vorgehensmodells in der Anwendung detaillierter untersucht werden. Hierzu werden die Kriterien des Reifegradmodells (s. Kapitel 1.3) herangezogen.

Eindeutige Zielsetzung

Um herauszufinden, ob sich die Eindeutigkeit der Zielsetzung durch das entwickelte Vorgehensmodell in der Anwendung verbessert hat, wurden die verantwortlichen Mitarbeiter der beiden Anwendungsbeispiele befragt. Sie schätzten auf einer 10-stufigen Skala ein, inwieweit sie die Zielsetzung vor und nach der Einführung des Vorgehensmodells als eindeutig empfanden. Das Ergebnis der Befragung zeigt Abbildung 78.

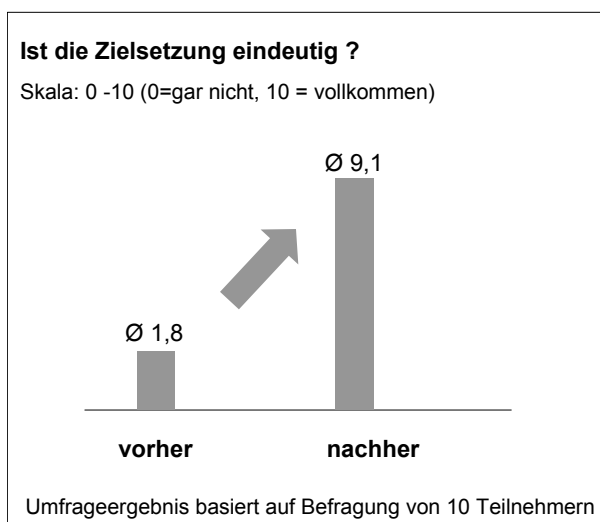


Abbildung 78: Eindeutigkeit der Zielsetzung in den Anwendungsbeispielen

Nach den Ergebnissen der Umfrage hat sich die Eindeutigkeit der Zielsetzung in den Anwendungsbeispielen nach Einführung des Vorgehensmodells wesentlich verbessert.

Zuverlässige Ergebnisse

Um zu überprüfen, inwieweit sich die Zuverlässigkeit durch das entwickelte Vorgehensmodell verbessert hat, werden im Folgenden die Anwendungsbeispiele mit früheren Projekten verglichen. Da frühere Projekte nicht nach Verschwendung mit 6σ als Zielwerte bewertet wurden, müssen projektunabhängige Kriterien für den Vergleich herangezogen werden. Für den Vergleich wurden die folgenden Kriterien ausgewählt: Projektdauer, Projektgröße, Nachhaltigkeit und Notwendigkeit einer Nachkorrektur. Die Ergebnisse des Vergleichs zeigen die Portfoliodarstellungen in Abbildung 79.

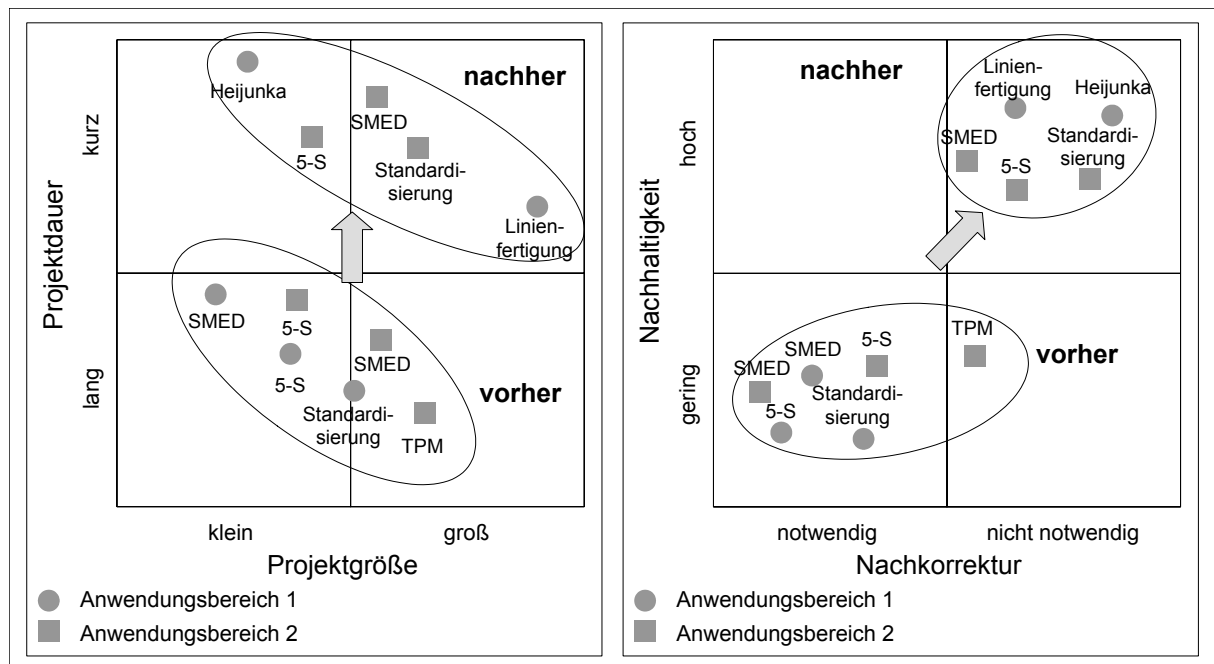


Abbildung 79: Zuverlässigkeit der Ergebnisse in den Anwendungsbeispielen

Aus den Abbildungen wird deutlich, dass die Dauer der Projekte kürzer geworden ist, obwohl der Umfang teilweise größer war als früher. Auch die Nachhaltigkeit hat deutlich zugenommen, wobei Nachkorrekturen bei den einzelnen Projekten seltener notwendig waren.

Prozessstandardisierung

Bei der Betrachtung des Reifegrades hinsichtlich der Prozessstandardisierung standen folgende beiden Aspekte im Vordergrund:

- Eindeutiger und systematischer Projektablauf
- Systematische Methodenauswahl und –strukturierung

Da es vor Einführung des entwickelten Vorgehensmodells keinen eindeutigen und systematischen Projektablauf gab, wird der Zeitbedarf, der für die Definition des Projektablaufs benötigt wurde, verglichen.

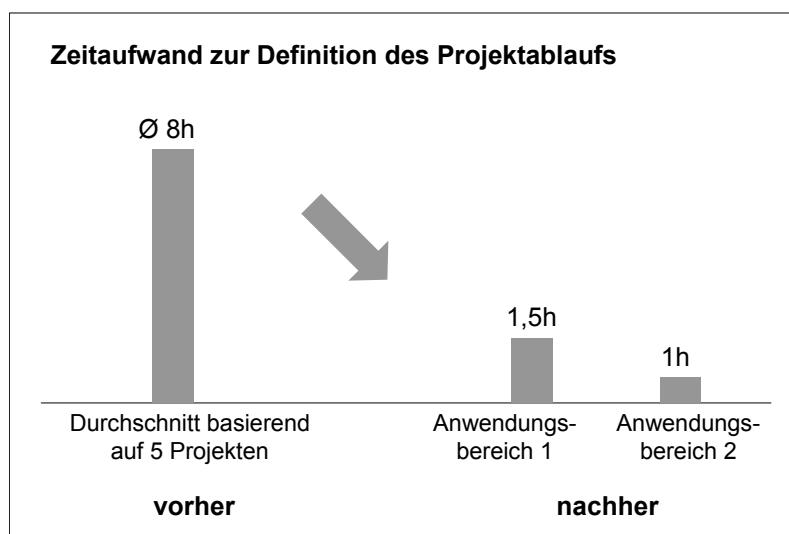


Abbildung 80: Zeitaufwand zur Definition des Projektablaufs

Abbildung 80 zeigt, dass der Zeitbedarf zur Definition des Projektablaufs aufgrund der standardisierten Vorgabe des DMAIC-Zyklus deutlich abgenommen hat. Die Erfahrungen aus den durchgeführten Projekten zeigen, dass der Diskussionsaufwand wesentlich geringer wurde, da das standardisierte Vorgehen von allen Teammitgliedern bekannt war. Eine analoge Erfahrung wurde hinsichtlich der systematischen Methodenauswahl und –strukturierung gemacht. Die Auswertung mit Hilfe des House-of-Lean-Quality führte zu einer besseren Nachvollziehbarkeit und zu einer Fokussierung auf die identifizierten Schwächen.

Aus Sicht der Anwendung konnte die Konfiguration des Lean Production Systems durch das entwickelte Vorgehensmodell damit wesentlich zielorientierter, zuverlässiger und standardisierter erfolgen als dies früher möglich war.

6 Erfolgsbewertung anhand des Reifegrades

Ausgangspunkt der Kritik bildete die Erkenntnis, dass sich die Vorgehensmodelle bei bestehenden Lean Production Systemen nach dem Reifegradmodell von BAUMGÄRTNER auf der Stufe der Improvisation befinden. Um diese Schwäche zu beseitigen, wurde das beschriebene Vorgehensmodell entwickelt. Abschließend stellt sich die Frage, inwieweit dieser Lösungsansatz die ursprüngliche Problemstellung beheben kann. Zu diesem Zweck werden die Kriterien des Reifegradmodells untersucht.

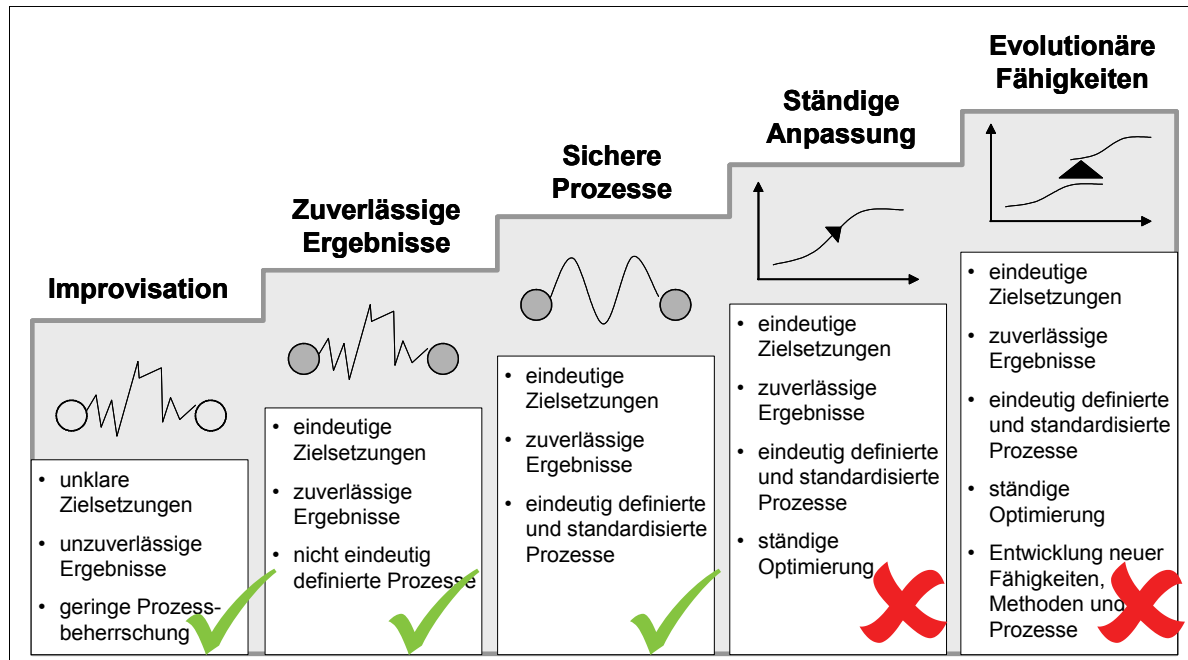


Abbildung 81: Erfolgsbewertung anhand des Reifegradmodells

Eindeutige Zielsetzungen

Kern der Kritik bestand darin, dass es im Lean Production System zwar Zielkriterien in Form der Verschwendungsarten gab, die systematische Bewertung und der einheitliche Zielwert jedoch fehlten. Durch die Übertragung der Six Sigma Statistik auf das Lean Production System entstand eine mathematisch klar beschriebene und damit systematische Möglichkeit zur Bewertung der Ziele. In Verbindung mit dem bereits bekannten Lean-Zielsystem (Vermeidung von Verschwendung) und dem Six Sigma Zielwert entsteht eine eindeutige Zielsetzung. Aufgrund der mathematischen Allgemeingültigkeit können die Ergebnisse sogar unternehmensübergreifend verglichen werden. Die Anwendung, Aussagefähigkeit und Praktikabilität konnte in beiden Praxisbeispielen erfolgreich nachgewiesen werden.

Zuverlässige Ergebnisse

Studienergebnisse und die Einschätzung von Lean-Experten führten zu der Schlussfolgerung, dass bisherige Vorgehensmodelle nicht zuverlässig zu den gewünschten Ergebnissen führten. Die Ergebnisse in den Anwendungsbeispielen demonstrierten, dass mit dem entwickelten Vorgehensmodell die Ergebnisse nun zuverlässig erreicht werden können. Dies belegten sowohl die Messergebnisse in den jeweiligen Control Phasen der Anwendungsbeispiele als auch die Vergleiche mit früheren Projekten im Anwendungsunternehmen.

Prozessstandardisierung

Die Kritikpunkte hinsichtlich des Reifegradkriteriums der Prozessstandardisierung bestanden im Mangel eines eindeutigen und systematischen Projektablaufs und einer fehlenden Methodenauswahl und –strukturierung. Die Ausführungen in Kapitel 4.4 zeigen, dass diese Kritikpunkte durch die Übertragung der Vorgehensstruktur des DMAIC-Zyklus, die Systematisierung der einzelnen Projektphasen und die Integration und Adaption weiterer Six Sigma Methoden (z. B. House-of-Lean-Quality) behoben werden konnten. Die Auswertungen zur Definition des Projektablaufs und die individuellen Erfahrungen aus den Anwendungsbeispielen belegen, dass die so entwickelte Prozessstandardisierung nicht nur funktionsfähig ist, sondern auch zu einem wesentlich effizienteren Projektablauf führt.

Als Ergebnis der Bewertung lässt sich festhalten, dass das entwickelte Vorgehen die Kriterien der Stufe „Sichere Prozesse“ erfüllt (s. Abbildung 81). Das Vorgehen des Lean Production Systems konnte damit vom Ausgangszustand der „Improvisation“ deutlich verbesserte werden. Die in Kapitel 3.1 gestellte Zielsetzung der Arbeit wurde damit erfüllt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das Toyota Production Systems, das durch TOYODA und OHNO nach dem 2. Weltkrieg entwickelt wurde, erreichte durch die Veröffentlichung der MIT Studie unter dem Namen „Lean Production System“ weltweite Bekanntheit. Das Lean Production System findet heutzutage in vielen Branchen und Bereichen Anwendung und ist bei der Gestaltung eines modernen Produktionssystems nicht mehr wegzudenken. Das große Interesse an diesem System wird durch die beachtlichen Erfolge, die einige Vorzeigeunternehmen wie Toyota und Porsche erzielen gestärkt. Gleichzeitig zeigen allerdings mehrere Studien, dass zahlreiche Unternehmen bei der Konfiguration ihres eigenen Lean Production Systems Probleme haben. Im Rahmen der Arbeit wurde mittels des Reifegradmodells von BAUMGÄRTNER festgestellt, dass das Vorgehensmodell des Lean Production Systems noch nicht ausgereift ist. Da das Vorgehensmodell keine der notwendigen Reifegradkriterien erfüllt, befindet es sich auf der Stufe der „Improvisation“. Im Vergleich dazu erreicht die Six Sigma Methodik, die für eine systematische Prozessverbesserung konzipiert wurde, einen wesentlich höheren Reifegrad.

Als Ursache für die fehlende Reife des Lean Production Systems lassen sich anhand des Bewertungssystems für Vorgehensmodelle von TÖPFER Schwächen im Bereich des Vorgehens und der Methoden identifizieren. Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurden in dieser Arbeit Methoden aus der Six Sigma Methodik gezielt ausgewählt und für die Anwendung im Lean Production System weiterentwickelt. Diese Methoden wurden in das Vorgehensmodell integriert, wobei folgende Elemente maßgeblich zur Systematik beitragen:

- **Systematische und durchgängige Vorgehensstruktur:** Als Vorgehensstruktur wurde der DMAIC-Zyklus aus der Six Sigma Methodik übertragen und auf die Anwendung im Lean Production System angepasst. Der fünfstufige Aufbau des DMAIC-Zyklus trägt maßgeblich dazu bei, dass Lean Projekte damit systematisch bearbeitet werden können. Die durchgängige Anwendbarkeit der Vorgehensstruktur ermöglicht es, dass in strategischen (z. B. Konfiguration des gesamten Produktionssystems) und operativen (z. B. Roadmaps) Projekten einheitlich vorgegangen werden kann.
- **Standardisierung der Planungsmethoden in den Projektphasen:** Eine Detaillierung erfährt die Vorgehensstruktur durch das Zuordnen der notwendigen Lean- und Six Sigma Methoden zu den einzelnen Projektphasen. Als Ergebnis steht für die Bearbeiter eine standardisierte Vorgehensbeschreibung in allen Projektphasen zur Verfügung.
- **Systematische Lean-Methodenauswahl:** Im Mittelpunkt des erweiterten Methodenportfolios steht das House-of-Lean-Quality. Die Entwicklung dieser Methode trägt maßgeblich dazu bei, dass die Zusammenhänge der Lean-Methoden strukturiert und visualisiert werden und eine systematische Auswahl der individuell notwendigen Methoden erfolgen kann. Damit findet für alle Beteiligten die Auswahl der richtigen Lean-Methoden mit dem größten Verbesserungspotenzial auf transparente und logisch nachvollziehbare Weise statt.
- **Statistikeinsatz zur Bewertung des Lean-Zielsystems:** Durch die Übertragung der Six Sigma Statistik gelingt es, das bisher nur qualitative Lean-Zielsystem, das in der „Vermeidung von Verschwendung“ bestand, messbar zu machen. Für jede Verschwendungsart wurde eine Berechnungsformel entworfen, mit Hilfe derer sich das σ -Niveau auf mathematisch eindeutige, einheitliche und vergleichbare Weise errechnen lässt. Über die statistische Bewertung hinaus wird der tatsächlich Umsetzungsstand der einzelnen Lean-Methoden im betrachteten Unternehmen anhand eines praxisnahen Bewertungskatalogs systematisch bewertet.

Das entwickelte Vorgehensmodell wurde in einem Anwendungsunternehmen der Automobilindustrie in mehreren Bereichen eingeführt und umgesetzt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen wurden genutzt, um den Erfolg des Vorgehensmodells zu verifizieren. Eine Bewertung mittels des Reifegradmodells führt zu dem Ergebnis, dass mit dem entwickelten Vorgehensmodell folgende Reifegradkriterien erreicht werden:

- Eindeutigkeit der Zielsetzung
- Zuverlässigkeit der Ergebnisse
- Eindeutige Definition und Standardisierung der Prozesse

Durch die Arbeit ist es gelungen, den angestrebten Reifegrad der „sicheren Prozesse“ für das Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems zu erzielen.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit kommen folgende Ansatzpunkte für vertiefende und ergänzende Ausführungen in Betracht, um den Reifegrad des Vorgehensmodells zur Konfiguration von Lean Production Systemen noch weiter zu verbessern:

Ständige Optimierung

Das Prinzip der ständigen Optimierung ist ein grundlegender Bestandteil der Kaizen-Kultur im Lean Production System. Dieser Aspekt der ständigen Optimierung konzentriert sich jedoch im Wesentlichen auf die reale Gestaltung und Optimierung eines Produktionssystems und weniger auf eine Optimierung des Vorgehensmodells selbst. Daraus abgeleitet stellt sich die Frage, in welcher Form auch eine ständige Optimierung des Vorgehens, der Methoden oder der Kultur auf systematische Weise in dem Vorgehensmodell integriert werden könnte.

Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse

Analog zu dem Aspekt der ständigen Optimierung wurde auch die Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse in dem entwickelten Vorgehensmodell noch nicht explizit untersucht und ausgeführt. Für zukünftige Arbeiten wäre die Fragestellung interessant, welche methodischen Elemente in dem Vorgehen integriert werden müssten, um die Entwicklung neuer Fähigkeiten, Methoden und Prozesse auf systematische Weise zu fördern. Insbesondere der Aspekt der systematischen Mitarbeiterqualifikation und Schulung könnte dabei den Betrachtungsgegenstand bilden. Auch in diesem Fall wäre zu untersuchen, inwieweit das systematische und hierarchische Schulungskonzept der Six Sigma Methodik (Green Belts, Black Belts, Master Black Belts, Champions) auf das Lean Production System übertragen werden könnte.

Ausdehnung des entwickelten Vorgehensmodells auf angrenzende Bereiche

Über die Verbesserung des Reifegrades hinaus ließe sich untersuchen, inwiefern das entwickelte Vorgehensmodell auf angrenzende Bereiche übertragen werden kann. Das vorgestellte Vorgehensmodell wurde im Wesentlichen zur Gestaltung eines Produktionssystems entwickelt. Die Fachwelt ist sich jedoch einig, dass die Verbesserungspotenziale in angrenzenden Unternehmensbereichen, z.B. in der Administration, der Produktentwicklung, der Logistikkette (Supply Chain) oder in anderen Geschäftsbereichen, z.B. in der Verwaltung, dem Gesundheitswesen oder bei Dienstleistern noch erheblich sind. Da auch hier ein systematisches Vorgehen essentiell für den Erfolg sein dürfte, wäre in weiteren Arbeiten zu klären, inwiefern das entwickelte Vorgehensmodell Anwendung finden könnte bzw. adaptiert werden müsste.

8 Literaturverzeichnis

- [AGGT82] Aggteleky, B.: Fabrikplanung - Werkentwicklung und Betriebsrationalisierung: Betriebsanalyse und Feasibility-Studie, technisch wirtschaftliche Optimierung von Anlagen und Bauten. Band 2, Neuausgabe. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 1982.
- [AKAO92] Akao, Y.: QFD – Quality Function Deployment. Landsberg/ Lech: Verlag Moderne Industrie, 1992.
- [BAMB87] Bamberger, G.; Bauer, F.: Statistik. 5. Auflage. München [u. a.]: Oldenburg Verlag, 1987.
- [BAUM06] Baumgärtner, G.: Reifegradorientierte Gestaltung von Produktionssystemen. München: TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, 2006.
- [BERG92] Bergren, C.: Alternatives to Lean Production: Work organization in the Swedish Auto Industry. New York: ILR Press, 1992.
- [BICH02] Bicheno, J.; Otto, B.: Die Excellence-Box. Ostfildern: Quindy Edition, 2002.
- [BLEC06] Blechschmid, Nils: Kfz-Branche verschenkt Produktivitätsgewinn. In: Produktion Ausgabe 16, Landsberg/ Lech: Verlag Moderne Industrie, 2006, S.34.
- [BOES95] Bösenberg, D.; Metzen, H.: Lean Management: Vorsprung durch schlanke Konzepte. Landsberg/ Lech: Verlag Moderne Industrie, 1995.
- [BOLS07] Bolstorff, P. A.; Rosenbaum, R. G.; Poluha, R. G.: Spitzenleistungen im Supply Chain Management: Ein Praxishandbuch zur Optimierung mit SCOR. Berlin [u. a.]: Springer, 2007.
- [BORN07] Bornhöft, F., Faulhaber, N.: Lean Six Sigma erfolgreich implementieren. Frankfurt a. Main: Frankfurt School Verlag, 2007.
- [BREY00] Breyfogle III, F. W.; Cupello, J. M.; Meadows, B.: Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing and Implementing the Strategy that Yields Bottom-Line Success. New York [u. a.]: John Wiley & Sons Inc., 2000.
- [BREY99] Breyfogle III, F. W.: Implementing Six Sigma: Smarter Solutions using Statistical Methods. New York [u. a.]: John Wiley & Sons Inc., 1999.
- [BROE04] Broecheler, K.; Schönberg, C.: Six Sigma für den Mittelstand: Weniger Fehler, zufriedene Kunden und mehr Profit. Frankfurt/ Main [u. a.]: Campus Verlag, 2004.
- [BRUN08] Brunner, F. J.: Japanische Erfolgskonzepte: KAIZEN, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance, Shopfloor Management, Toyota Production Management. München [u. a.]: Hanser Verlag, 2008.
- [CORS98] Corsten, H.: Produktionswirtschaft: Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, 7. Auflage. München [u. a.]: Oldenbourg Verlag, 1998.
- [DAEN02] Daenzer, W.F.; Huber, F. (Hrsg.): Systems Engineering – Methodik und Praxis. 11. durchgesehene Auflage. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 2002.
- [DAHM09] Dahm, M. H.; Haindl, C.: Lean Management und Six Sigma: Qualität und Wirtschaftlichkeit in der Wettbewerbsstrategie. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2009.
- [DAVE93] Davenport, T. H.: Process Innovation: Reengineering work through Information Technology. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

-
- [DAVI79] Davis, L. E.; Taylor, J. C.: Design of Jobs. 2nd revised edition. Santa Monica: Doodyear Publishing Company, 1979.
- [DEMI86] Deming, W. E.: Out of the Crisis. Massachusetts: MIT Press, 1986.
- [DEVA04] Devane, T.: Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations: Leading the charge toward dramatic, rapid and sustainable improvement. San Francisco: Pfeiffer, 2004.
- [DICK07] Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin [u. a.]: Springer, 2007.
- [DIET96] Dietrich, P.: Wie fit ist Ihr Unternehmen wirklich?: Ein Lean Audit für schlanke Unternehmen und solche, die es werden wollen. München: Lexika Verlag, 1996.
- [DITT08] Dittmann, U. (Hrsg.): Lean Production für KMU des Maschinenbaus. Stuttgart [u. a.]: Steinbeis-Edition, 2008.
- [DRIE07] Driel, O. P. van; Kotte, W.; Rudberg, P.: Beschleunigung der Verbreitung von Six Sigma in Europa durch den European Six Sigma Club. In: Töpfer, A. (Hrsg.): Six Sigma-Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität, 4. Auflage. Berlin, [u. a.]: Springer, 2007, S.41-44.
- [DUDE03] Duden: Fremdwörterbuch. 5. Auflage. Mannheim [u. a.]: Bibliographisches Institut, 2003.
- [DUER11] Duerand, D.: Ideen-Schmieden: Deutsches Know-How ist weltweit so gefragt wie nie. Die Sieger des Wettbewerbs „Die Beste Fabrik“ zeigen warum. In: Wirtschaftswoche Nr. 22, 2011, S.90-92.
- [DUNK08] Dunkel, M.: Methodenentwicklung für Lean Remanufacturing. Aachen: Shaker Verlag, 2007. Zugl.: Bayreuth, Univ., Diss., 2007.
- [ECKE01] Eckes, G.: The Six Sigma Revolution: How General Electric and others turned process into profits. New York [u. a.]: John Wiley & Sons Inc., 2001.
- [EFQM00] European Foundation for Quality Management: Das EFQM Excellence Model. Brüssel: European Foundation for Quality Management, 2000.
- [EMER82] Emery, F.; Thorsud, E.: Industrielle Demokratie. Bern: Huber Hans Verlag, 1982
- [FASS06] Fasse, M: Der Bulle von Horstmar: Wie Schmitz Cargobull seine LKW-Auflieger vom Münsterland in die ganze Welt bringt. In: Handelsblatt, Nr. 36, 20. Februar 2006, S.18.
- [FISH07] Fisher, D.; Farb, D.; Gordon, B.: Lean Six Sigma Guidebook. The Formation of Lean Enterprises using the principles of Six Sigma and Total Quality Management for managers and employees. Los Angeles: University of Health Care, 2007.
- [FITS07] Fitsch, H.: Beratung und Veränderung in Organisationen: Eine mikropolitische Untersuchung von Umsetzungsschwierigkeiten in Beratungsprozessen am Beispiel der Einführung von Lean Production in einem Automobilkonzern. Marburg: Metropolis-Verlag, 2007. Zugl.: Frankfurt (Main), Univ., Diss., 2007.
- [FUJI99] Fujimoto, T.: The evolution of a manufacturing system at Toyota. Oxford [u. a.]: Oxford University Press, 1999.
- [GATT00] Gattermeyer, A.; Al-Ani, A.: Change Management und Unternehmensführung. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2000.
- [GEOR02] Georges, M. L.: Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2002.
-

- [GEOR04] Georges, M. L.; Rowlands, D.; Kastle, B.: What is Lean Six Sigma?. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2004.
- [GEOR05] Georges, M. L.; Rowlands, D.; Price, M.; Maxey, J.: The Lean Six Sigma Pocket Toolbook. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2005.
- [GRUN00] Grundig, C.-G.: Fabrikplanung. Planungssystematik, Methoden, Anwendungen. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2000.
- [GUEN09] Günther, S; Garzinsky, B.: Problemlösungszyklen im Rahmen von Lean Six Sigma: Vom Standard-DMAIC zum Blitz-DMAIC. In Töpfer, A. (Hrsg.): Lean Six Sigma: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma. Berlin [u. a.]: Springer, 2009.
- [GUEN97] Günther, H.-O.; Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik, 3. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 1997.
- [HAIK06] El-Haik, B.; Al-Aoma, R.: Simulation-based Lean Six-Sigma and Design for Six-Sigma. New York [u. a.]: John Wiley & Sons, 2006.
- [HARR05] Harry, M.; Schroeder, R.: Six Sigma: Prozesse optimieren, Null-Fehler-Qualität schaffen, Rendite radikal steigern. 3. Auflage. Frankfurt/ Main [u. a.]: Campus Verlag, 2005.
- [HARR06] Harry, M.; Mann, P. S.; De Hodgins O.C.; Hulbert, R.L.: The Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements. New York [u. a.]: John Wiley & Sons, 2009.
- [HART02] Hartwich, E.: Total Quality Management: Der Weg zum exzellenten Unternehmen. Universität Kaiserslautern, 2002.
- [HEND03] Henderson, B.; Larco, J.: Lean Transformation: How to Change Your Business into a Lean Enterprise. Richmond, Virginia: The Oaklea Press, 2003.
- [HILL02] Hiller, M.: Multiprojektmanagement: Konzept zur Gestaltung, Regelung und Visualisierung einer Projektlandschaft. Kaiserslautern, Univ., Diss., 2002.
- [HOLS96] Holst, J.: Lean Development Kostengünstige Prozessgestaltung. Berlin [u. a.]: Springer, 1996.
- [HUTH07] Huth, C.: Konzeption eines Lean Six Sigma Vorgehensmodells – Optimierung von Zeit, Kosten und Qualität. Dresden, TU, Diplomarbeit, 2007.
- [IMAI96] Imai, M.: Kaizen – Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 7. Auflage. Frankfurt/ Main: Ullstein, 1996.
- [JONE06] Jones, D.: An Toyota müssen sich alle messen. In: Handelsblatt, Nr. 1, 2. Januar 2006, S.2.
- [JUGU08] Jugulum, R.; Samuel, P.: Design for Lean Six Sigma: A holistic approach to design and innovation. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2008.
- [JURA88] Juran, J. M.: Juran on Planning for Quality. New York: Free Press, 1988.
- [KAUF02] Kaufmann, U.; Kleinert, A.: Six Sigma: 34 Werkzeuge zur Prozessverbesserung. Köln: TÜV-Verlag, 2002.
- [KENN03] Kennedy, M. N.: Product Development for the Lean Enterprise: Why Toyota's System is four times more productive and how you can implement it. Richmond: Oaklea Press, 2003.

-
- [KETT84] Kettner, H.; Schmidt, J.; Greim, H.-R.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 1984.
- [KNUE10] Knüpfer, G.: Fabrik des Jahres 2010: Agilität verschafft den Siegern Wettbewerbsvorsprung. In: Automobile Produktion, 1.Oktober 2010, Nummer 40, S.1.
- [KORG03] Korge, A.: Die unternehmensspezifische Ausgestaltung: Von den Anforderungen zur Lösung. In: Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung. Stuttgart: LOG_X Verlag GmbH, 2003, S.85-121.
- [KORG08] Korge, A.: Der Weg: Beteiligung und Qualifizierung machen Betroffene zu strategischen Akteuren. In: Lay, G. (Hrsg.): Von Modernisierungseinseln zu integrierten Produktionssystemen: Ein Leitfaden für die strategierorientierte Verknüpfung betrieblicher Modernisierungsmaßnahmen in kleinen und mittleren Unternehmen. Frankfurt/ Main: VDMA Verlag, 2008, S.160-179.
- [KOTT96] Kotter, J.P.: Leading Change. Boston: Harvard Business School Press, 1996.
- [KUHN02] Kuhn, A.; Hellingrath, B.: Supply Chain Management: Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Berlin [u. a.]: Springer, 2002.
- [LATZ95] Latzko, W.; Saunders, D.: Four Days with Dr. Deming: A Strategy for Modern Methods of Management. New York [u. a.]: Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- [LAY08] Lay, G.; Zanker, C.: Wechselwirkungen aufdecken mit der Beziehungslandkarte. In: Lay, G. (Hrsg.): Von Modernisierungseinseln zu integrierten Produktionssystemen. Ein Leitfaden für die strategierorientierte Verknüpfung betrieblicher Modernisierungsmaßnahmen in kleinen und mittleren Unternehmen. Frankfurt/Main: VDMA Verlag, 2008, S.18-64.
- [LEIK04] Leikep, S.; Bieber, K.: Effizienz im Büro mit Kaizen Methoden. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2004.
- [LEON02] Leonhard, K.-W.; Naumann, P.: Managementsysteme – Begriffe: Ihr Weg zu klarer Kommunikation. DGQ-Band 11-04. 7. Auflage. Berlin [u. a.]: Beuth Verlag, 2002.
- [LIKE07] Liker, J. K.: Der Toyota Weg: 14 Managementprinzipien des erfolgreichsten Automobilkonzerns. München: FinanzBuch Verlag GmbH, 2007.
- [LOED05] Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Berlin [u. a.]: Springer, 2005.
- [LORE95] Lorenz, K.: Methode, In: Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Band 2. Stuttgart: Metzler, 1995, S.876-879.
- [LOWE01] Lowenthal, J.: Six Sigma Project Management. San Francisco: American Society for Quality, 2001.
- [LUNA06] Lunau, S.: Six Sigma + Lean Toolset: Verbesserungsprojekte erfolgreich führen. Berlin [u. a.]: Springer, 2006.
- [MAEH95] Mählick, H.; Pankus, G.: Herausforderung Lean Production: Möglichkeiten zur wettbewerbsgerechten Erneuerung von Unternehmen, 2. überarbeitete Auflage, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1995.
- [MAGN04] Magnusson, K.; Kroslid, D.; Bergmann, B.: Six Sigma umsetzen. Die neue Qualitätsstrategie für Unternehmen. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 2001.
- [MANA09] Management Partner Unternehmensberater: Lean Management Studie 2008. Wege zu höherer Wettbewerbsfähigkeit. Stuttgart: Management Partner GmbH, 2009.
-

- [MILT95] Miltenburg, J.: Manufacturing Strategy. How to formulate and implement a winning plan. New York: Productivity Press, 1995.
- [MOES06] Mößinger, M.: Lean Sigma: Synthese aus Lean Management, Six Sigma und Kaizen. Hamburg: Diplomica GmbH, 2006. Zugl.: VWA Verwaltung- und Wirtschaftsakademie Rhein-Neckar, Diplomarbeit, 2002.
- [MOND03] Monden, Y: Toyota Production System: An integrated approach to just-in-time. 3rd edition. Norcross: Engineering & Management Press, 2003.
- [MTM09] MTM Vereinigung e. V.: Produktion mit System: GPS bietet Ordnungsrahmen für Management und Mitarbeiter. In: MTMaktuell, 14. Jahrgang, 1/ 2009, Ausgabe 41. Hamburg: Deutsche MTM-Vereinigung e.V., 2009, S.26-27.
- [MUIR06] Muir, A.: Lean Six Sigma Statistics: Calculating process efficiencies in transactional projects. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2006.
- [MUNR92] Munro-Faure, M.: Implementing Total Quality Management. London: Financial Times Pitman Publishing, 1992.
- [NAD06] Nad, T.: Autonome Produktion: Ein Weg zur Emanzipation der Produktion. In: Pfeifer, T.; Schmitt, R. (Hrsg.): Autonome Produktionszellen: Komplexe Produktionsprozesse flexibel automatisieren. Berlin [u. a.]: Springer Verlag, 2006.
- [NAD10] Nad, T.: Systematische Lean Management: Six Sigma-Methoden ergänzen das Lean Production-System. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 105 (2010) Nr. 4, S.299-302.
- [OELT00] Oeltjenbruns, H.: Organisation der Produktion nach dem Vorbild Toyotas: Analyse, Vorteile und detaillierte Voraussetzungen sowie die Vorghensweise zur erfolgreichen Einführung am Beispiel eines globalen Automobilkonzerns. Aachen: Shaker Verlag, 2000. Zugl.: Clausthal, TU, Diss., 2000.
- [OHNO93] Ohno, T.: Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt/ Main [u. a.]: Campus Verlag, 1993.
- [PAND00] Pande, P.; Neuman, R. P.; Cavanagh R. R.: The Six Sigma Way: How GE, Motorola and other top companies are honing their performance. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2000.
- [PAND02] Pande, P.; Neuman, R. P.; Cavanagh, R. R.: The Six Sigma Way Fieldbook: An Implementation Guide for Project Improvement. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2003.
- [PFEI09] Pfeil, T.: Controlling schlanker Produktionssysteme. Stuttgart, Univ., Diss., 2009.
- [PYZD03] Pyzdek, Thomas: The Six Sigma Handbook: The complete guide for Green-belts, Blackbelts and Mangers at all levels. New York [u. a.]: McGraw-Hill, 2003.
- [RADH02] Radhi, M. A.: Total Productive Management. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 2002.
- [RADH94] Radhi, M. A.: Das Fünf-Säulen-Konzept von TPM. In: Geibig, K.-F.; Slaghuis H. (Hrsg.): Der Instandhaltungs-Berater. Köln: TÜV-Media Verlag, 1994.
- [REIN09] Reiner, D.: Methoden der kompetenzorientierten Transformation zum nachhaltig schlanken Prouktionssystem. Aachen: Shaker Verlag, 2009. Zugl.: Darmstadt, TU, Diss., 2009.
- [REIT07] Reitz, A.: Total Productive Management, in: Dickmann, P. (Hrsg.) :Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin [u. a.]: Springer, 2007, S.44-50.

-
- [RODE06] Roden, H.; Klaus, C.: Lean Six Sigma: Erfolg durch Verbesserung. Aachen: Shaker Verlag, 2006.
- [ROTH04] Rother, M.; Harris, R.: Kontinuierlich Fließfertigung organisieren: Praxisleitfaden zur Einzelstück-Fließfertigung für Manager, Ingenieure und Meister in der Produktion. Aachen: Lean Management Institut, 2004.
- [ROTH09] Rother, M.: Die Kata des Weltmarktführers: Toyotas Erfolgsmethoden. Frankfurt [u. a.]: Campus Verlag, 2009.
- [SCHL03] Schlauß, S.: Alle profitieren. Herausragenden Eigenschaften eines Produktionssystems, In: Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung. Stuttgart: LOG_X Verlag GmbH, 2003, S.45-51.
- [SCHM94] Schmidt, G.: "Lean Production" – Konzeptionelle Überlegungen zu einer Zauberformel. Arbeitsbericht Nr. 27. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung, 1994.
- [SCHO03] Scholtz, O.; Korge, A.; Schlauß, S.: Was ein Produktionssystem ausmacht: Erfolgreiche Lösungsbausteine. In: Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung. Stuttgart: LOG_X Verlag GmbH, 2003, S.53- 84.
- [SCHO07] Scholz, G.: „Viele sind noch zu langsam“. In: Automobile Produktion, Ausgabe 1, Januar, 2007, S.24f.
- [SCHO08] Schonberger, R.: Best practices in lean six sigma process improvement. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2008.
- [SHIN92] Shingo, S.: Das Erfolgsgeheimnis der Toyota-Produktion, Landsberg/ Lech: Verlag Moderne Industrie, 1992.
- [SMAL05] Smalley, A.: Produktionssysteme glätten: Anleitung zur Lean Production nach dem Pull-Prinzip- angepasst an die Kundennachfrage. Aachen: Lean Management Institut, 2005.
- [SNEE02] Snee, D.; Hoerl, R.: Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Bases on Experience with GE and Other Six Sigma Companies. London: Financial Times Prentice Hall, 2002.
- [SPAT03] Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung. Stuttgart: LOG_X Verlag GmbH, 2003.
- [SPAT11] Spath, D.; Korge, A.; Krause, T.; et al.: Hybrides Planungswerkzeug zur adaptiven Auslegung von Lean-Methoden. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 106 (2011) Nr. 6, S.413-417.
- [SPRI96] Springer, R.: Neue Formen der Arbeitsorganisation – Ursachen, Ziele und aktueller Stand in der Mercedes-Benz AG. In: Kißler, L. (Hrsg.): Toyotismus in Europa: Schlanke Produktion und Gruppenarbeit in der deutschen und französischen Automobilindustrie. Frankfurt/ Main [u. a.]: Campus Verlag, 1996.
- [TAGH06] Taghizadegan, S.: Essentials of Lean Six Sigma. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [TAKE96] Takeda, H: Das System der Mixed Production. Deutsche Übersetzung Meynert, A.. Landsberg/ Lech: Verlag Moderne Industrie, 1996.
- [THED05] Theden, P.; Colsmann, H.: Qualitätstechniken. 4. Auflage. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 2005.
- [THED97] Theden, P.; Colsmann, H.; Kamiske, G.F. (Hrsg.): Qualitätstechniken: Werkzeuge zur Problemlösung und ständigen Verbesserung. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 1997.
-

- [THOM06] Thomsen, E.-H.: Lean Management. St. Gallen: SMG Publishing AG, 2006.
- [TOEP07] Töpfer, A. (Hrsg.): Six Sigma- Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität. 4. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 2007.
- [TOEP07a] Töpfer, A.; Günther, S.: Six Sigma im Wirkungsverbund mit ISO 9000:2000. In: Töpfer, A. (Hrsg.): Six Sigma- Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität. 4. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 2007.
- [TOEP07b] Töpfer, A.: Six Sigma als Projektmanagement für höhere Kundenzufriedenheit und bessere Unternehmensergebnisse. In: Töpfer, A. (Hrsg.): Six Sigma- Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität. 4. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 2007.
- [TOEP07c] Töpfer, A.: Six Sigma, Balanced Score Card und EFQM-Modell im Wirkungsverbund. In: Töpfer, A. (Hrsg.): Six Sigma- Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität. 4. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 2007.
- [TOEP09] Töpfer, A.: Lean Six Sigma: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma. Berlin [u. a.]: Springer, 2009.
- [TRAE94] Traeger, D. H.: Grundgedanken der Lean Production. Stuttgart: Teunber, 1994.
- [VITR04] Vitrián, E. S.: Beitrag zur Ermittlung von Kosten und Nutzen der präventiven Qualitätsmethoden QFD und FMEA. Berlin, Univ., Diss., 2004.
- [WEDG06] Wedgwood, I.: Lean Sigma: A Practitioner's Guide. New York: Prentice Hall, 2006.
- [WEST05a] Westkämper, E.: Einführung in die Organisation der Produktion. Berlin [u.a.]: Springer, 2005.
- [WEST05b] Westkämper, E.: Produktion – Wandlungsfähigkeit in der industriellen Produktion. München: TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, 2005.
- [WEST06] Westkämper, E.: Thesen zur Forschung für die Produktion – New Taylor. In: Geißinger, Jürgen (Hrsg.) (et al.): Forschung stärken - Produktion sichern. Berlin [u. a.]: Springer, 2006, S.169-190.
- [WIED09] Wiedeking, W.: Anders ist besser: Ein Versuch über neue Wege in Wirtschaft und Politik. 3. Auflage. München: Pieper Verlag, 2009.
- [WIEG04] Wiegand, B.; Franck, P.: Lean Administration I: So werden Geschäftsprozesse transparent. Aachen: Lean Management Institut, 2004.
- [WIEN96] Wiendahl; H.-P.: Produktionsplanung und –steuerung. In: Eversheim, W.; Schuh, G.[Hrsg.]: Akademischer Verein Hütte: Produktion und Management. 7. neu bearbeitete Auflage. Berlin [u. a.]: Springer, 1996, Kapitel 14.
- [WILD05] Wildemann, H.: Kanban-Produktionssteuerung. Einsatz von Karten und elektronischem Kanban zur Einführung des Hol-Prinzips. 12. Auflage. München: TCW Transfer-Centrum GmbH, 2005.
- [WILD06] Wildemann, H.; Baumgärtner, G.: Suche nach dem eigenen Weg: Individuelle Einführungskonzepte für schlanke Produktionssysteme. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 101 (2006) Nr. 10, S.546-552.
- [WILD10] Wildemann, H.: Produktionssysteme: Leitfaden zur methodengestützten Reorganisation der Produktion. 8. Auflage. München: TCW Transfer-Centrum, 2010.
- [WILL00] Williams, M.; Bertels, T.; Dershin, H.: Six Sigma Guide. Lexington: Rath & Strong, 2000.

- [WOMA04] Womack, J. P.; Jones, D. T.: Lean Thinking: Balast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern. Frankfurt/ Main [u. a.]: Campus Verlag, 2004.
- [WOMA90] Womack, J. P.; Jones, D .T.; Ross, D.: The Machine that changed the World. New York [u. a.]: Maxwell Macmillan International, 1990.
- [WOMA97] Womack, J. P.; Jones, D .T.; Ross, D.: Die zweite Revolution in der Autoindustrie. 8. Auflage. Frankfurt/ Main [u. a.]: Campus Verlag, 1997.
- [ZINK04] Zink, K.-J.: TQM als integratives Managementkonzept: Das europäische Qualitätsmodell und seine Umsetzung. München [u. a.]: Carl Hanser Verlag, 2004.
- [ZINK89] Zink, K. J.; Ritter, A.: Verbesserung der Arbeitsqualität durch Problemlösungsgruppen. Band 2. HdA-Werkstattbericht. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1989.

9 Anhang

9.1 Erklärungen zu den Bewertungen in der Beziehungsmatrix des House-of-Lean-Quality

Gestaltungsmöglichkeiten: Lean-Methoden Anforderungen: Lean-Zielkriterien		Gewichtung	Produktionsplanung und -steuerung					Produktionsgestaltung					Anlagengestaltung /-bedienung					Arbeitsorganisation				
			Produktionsplanung	Heijunka	Pull	JIT	Kanban	Fließproduktion	One-Piece-Flow	Chaku-Chaku	Mixed Production	Synchronisation	Layout in U-Form	Andon	SMED	Poke Yoke	TPM	Automation	5-S	Standardisierung	Gruppenarbeit	
Verschwendungsarten	1. Überproduktion	6	○ 1	● 8	● 12	△ 17	● 22	△ 27	△ 27	△ 27	△ 27	△ 27	△ 39	○ 45	△ 50	● 54	60	66	74	△ 81	△ 89	○ 97
	2. Verzögerungen	10	○ 1	● 8	○ 13	○ 18	○ 23	○ 28	○ 28	○ 28	○ 28	○ 28	○ 40	○ 46	● 51	● 54	△ 61	● 67	○ 75	○ 82	○ 90	○ 97
	3. Lagerung	6	● 2	● 9	● 14	● 19	● 24	○ 29	○ 29	○ 29	● 38	● 41	● 47	52	● 54	60	○ 68	○ 76	○ 83	○ 91	△ 98	
	4. Transport	5	△ 3	○ 10	○ 15	○ 20	○ 25	● 30	● 30	● 30	● 30	○ 42	● 48	52	△ 55	60	69	△ 77	△ 84	△ 92	△ 99	
	5. Bearbeitung	7	4	4	4	4	4	4	4	△ 36	△ 36	4	4	52	56	△ 62	○ 70	● 78	○ 85	● 93	○ 100	
	6. Bewegungsabläufe	6	5	5	5	5	5	○ 31	○ 34	● 37	● 37	● 43	5	52	● 57	○ 63	△ 71	● 78	● 86	● 94	○ 100	
	7. Fehlerhafte Produkte	8	6	6	6	6	6	△ 32	○ 35	○ 35	○ 35	6	6	● 53	△ 58	● 64	○ 72	● 79	● 87	○ 95	○ 101	
	8. Unausgeglichenheit	5	● 7	● 11	○	○	○ 26	○ 33	○ 33	○ 33	○ 33	● 44	49	52	△ 59	65	○ 73	△				
	9. Überbelastung	6	● 7	● 11	△ 16	△ 21	○ 26	○ 33	○ 33	○ 33	○ 33	● 44	49	52	△ 59	65	○ 73	△ 80	○ 88	○ 96	○ 102	

Abbildung 82: Beziehungsmatrix des House-of-Lean-Quality

1 Die Produktionsplanung bildet die Grundlage für eine strategische Kapazitätsauslegung, eine langfristige Glättung der Bedarfe und die Produktionssteuerung. Sie unterstützt damit langfristig das Vermeiden von Überproduktion oder Verzögerungen.

2 Die Produktionsplanung unterstützt das Vermeiden von Verzögerungen und Überproduktion. Als Konsequenz können auch die Lagerbestände reduziert werden. Darüber hinaus kann die langfristige Produktionsplanung einen gezielten Lagerauf- und -abbau (z. B. bei Saisonware) erwirken und somit einen konstant hohen Lagerbestand vermeiden.

3 Die Produktionsplanung unterstützt langfristig eine bedarfsgerechte Produktion. Unerwartete Bedarfe, also Sonderaufträge und damit Sonderfahrten treten nicht mehr auf. Diese nehmen normalerweise jedoch nur einen geringen Anteil an den Gesamttransportaufwendungen

4 Die Effizienz der Bearbeitung wird dadurch nicht erhöht

5 Die Effizienz der Bewegungsabläufe wird dadurch nicht erhöht

6 Eine Reduzierung fehlerhafter Produkte wird dadurch nicht erzielt

7 Die Produktionsplanung bildet die Grundlage für eine strategische Kapazitätsauslegung und eine langfristige

Glättung der Bedarfe. Sie trägt damit wesentlich zur Vermeidung von Schwankungen und Überbelastung bei.

8 Es ist Hauptaufgabe der Produktionsnivellierung und -glättung/ Heijunka, durch eine geeignete Einplanung der Kundenbedarfe, einen Überproduktion bzw. Verzögerung zu vermeiden.

9 Die Nivellierung und Glättung der Bedarfe mittels Heijunka führt zu einer kontinuierlichen Belastung der Fertigung. V.a. in frühen Prozessstufen (Kanban) sind damit geringere Bestände notwendig, um Schwankungen abzudecken.

10 Die Einplanung der Kundenbedarfe in Form von Fertigungsaufträgen bestimmt auch die Materialflüsse und Transportbewegungen. Die Heijunka kann damit Einfluss auf die Transportfrequenz und ggf. die Routenführung nehmen.

11 Die Produktionsnivellierung und -glättung/ Heijunka hat die die Hauptaufgabe, operative Schwankungen und Überbelastungen zu vermeiden.

12 Eine Produktion, die streng nach dem Pull-Prinzip ausgelegt ist, sollte keine Überproduktion aufweisen. Es wird nur das nachproduziert, was entnommen wurde

13 Das Pull-System kann Verzögerungen (z. B. durch Maschinenausfälle) nicht unmittelbar verhindern.

Transparenz des Systems macht jede Verzögerung jedoch sichtbar und führt damit zu schnelleren Gegenmaßnahmen

14 Das Pull-System führt zu genau definierten und reduzierten Zwischenbeständen

15 Das Pull-System führt zu einem gleichmäßigen Materialfluss und damit auch zu einem konstanten und reduzierten Transportaufkommen.

16 Schwankungen und Überbelastung werden durch das Pull-Prinzip nicht geglättet, sondern an die Vorgängerstation weitergereicht. Das Pull-System baut jedoch keine zusätzlichen Schwankungen auf, wie dies beim Push-System der Fall ist.

17 Beim JIT-System wird nur die geplante und benötigte Menge angeliefert, eine kurzfristige Überproduktion (z. B. "vorhandene Teile aufbrauchen") ist damit nicht möglich. Dieser Einfluss des JIT auf die Überproduktion ist meist jedoch zweitrangig.

18 Nach dem JIT-System werden die benötigten Teile bereitgestellt. Verzögerungen aufgrund Materialmangels treten bei einem funktionierenden JIT-System nicht auf.

19 Es ist Hauptziel des JIT-Systems die Lagerbestände zu reduzieren, indem nur das aktuell benötigte Material zum Zeitpunkt des Verbrauchs angeliefert wird.

20 Das JIT-System hat einen doppeldeutigen Einfluss auf die Vermeidung des Transportes. Durch die zeitnahe und Anlieferung in der benötigten Menge, entfallen einerseits Handlings- und Transportaufgaben (Rücktransport von überzähligem Material). Andererseits wird durch die Erhöhung der Anlieferfrequenz auch die Anzahl der Transportbewegungen erhöht.

21 Schwankungen und Überbelastung werden durch das JIT-System / durch Kanban nicht geglättet, sondern an den Lieferanten weitergereicht. Das Material verfügbar ist, verhindert es allerdings indirekt das Entstehen von Schwankungen (s. auch Überproduktion und Verzögerungen)

22 Ein Produktion, die streng nach dem Pull-Prinzip ausgelegt ist und das Kanban-System zwischen den Prozessschritten nutzt, sollte keine Überproduktion aufweisen. Es wird nur das nachproduziert, was entnommen wurde.

23 Im Kanban-Lager sollte immer ausreichend Material für die weiteren Prozessschritte verfügbar sein. Es schließt damit Verzögerungen aufgrund von Materialmangel aus, Maschinenausfälle etc. können jedoch nur teilweise abgefangen werden.

24 Kanban führt zu genau definierten und reduzierten Zwischenbeständen

25 Das Kanban führt zu einem gleichmäßigen Materialfluss und damit auch zu einem konstanten und reduzierten Transportaufkommen.

26 Schwankungen und Überbelastung werden durch Kanban nicht geglättet, sondern an den Lieferanten weitergereicht. Dennoch kann das Kanban-Lager, je nach Auslegung, Schwankungen und Überbelastungen zu einem gewissen Grad dämpfen.

27 Bei einer Fließproduktion (und deren Varianten: One-Piece-Flow, Chaku-Chaku, Mixed Production) entsteht zwar keine "partielle Überproduktion" an einzelnen Stationen bzw. in den Werkstätten, eine grundsätzliche Überproduktion, z. B. "aufs Lager", wird jedoch nicht verhindert.

28 Die Fließfertigung (und deren Varianten: One-Piece-Flow, Chaku-Chaku, Mixed Production) macht den Ablauf planbarer und reduziert die Durchlaufzeit erheblich, dadurch entstehen weniger Verzögerungen, bzw. die Zeitdauer einer Verzögerung wird deutlich reduziert.

29 Bei einer Fließproduktion (und den Varianten One-Piece-Flow u. Chaku-Chaku) werden die Bestände zwischen den Prozessschritten (Zwischenpuffer) reduziert. Die Höhe der Fertigwarenbestände wird jedoch maßgeblich durch die Losgröße bestimmt. Die Fließfertigung kann dabei nur unterstützend wirken.

30 Die Organisation der Produktion nach dem Fließprinzip (und deren Varianten: One-Piece-Flow, Chaku-Chaku, Mixed Production) führt zu einer möglichst kompakten Aufstellung der Stationen entlang der Prozesskette. Weite Wege und Mehrfachhandling in verschiedenen Werkstätten entfällt.

31 Fließproduktion standardisiert die Bewegungsabläufe, macht sie wiederholbar und transparent und damit optimierbar

32 Fehlerhafte Produkte werden bei der Fließproduktion meist schneller erkannt (in einer der Folgestationen). Die max. Anzahl fehlerhafter Teile hängt wesentlich von der Losgröße, der Größe der Zwischenpuffer zwischen den Stationen und den Prüfstationen in der Fließfertigung ab.

33 Das Prinzip der Fließproduktion kann Schwankungen/Überbelastungen nicht glätten. Eine Fließfertigung ist ein starres System, das für bestimmte max. Stückzahlen (und einen Produktmix) ausgelegt wurde. Je nach Gestaltung (Chaku-Chaku, Mixed Production) kann man jedoch auf Schwankungen flexibel reagieren.

34 Bei einer Fließfertigung nach dem One-Piece-Flow-Prinzip müssen die Bewegungsabläufe standardisiert, wiederholbar, transparent und damit optimierbar sein. Außerdem wird verschwenderische Bewegung in Form von Zwischenhandling (Palletieren zwischen Stationen, Zwischenlagerung, etc.) vermieden

35 Fehlerhafte Produkte werden bei der Fließproduktion meist schneller erkannt (in einer der Folgestationen). Durch den One-Piece-Flow (sollte auch in Chaku-Chaku-Linie und Mixed Production Linie Anwendung finden) kann nur eine minimale Anzahl von Teilen betroffen sein (bei geeigneten Prüfstationen nur 1 Teil)

36 Der Aufbau einer Chaku-Chaku bzw. Mixed Production Linie an sich verändert die Bearbeitung nicht. Diese Art von Liniengestaltung fordert jedoch auch eine besondere Art der Gestaltung der einzelnen Stationen (s. auch Autonomie). Dies ermöglicht eine kontinuierliche Verbesserung der Bearbeitung.

37 Bei Chaku-Chaku und Mixed Production Linien stellen die Mitarbeiter in der Regel den Engpass dar. Ziel ist es, diese kontinuierlich zu 100% auszulasten und durch

kontinuierliche Verbesserung der Bewegungsabläufe eine Steigerung der Mitarbeiterproduktivität zu erzielen.

38 Mixed Production Linien ermöglichen einen kontinuierlichen Produktwechsel in der Fertigung. Es ist damit möglich, eine Produktion entsprechend des Kundenbedarfes best möglich abzubilden. Die Lager können auf ein Minimum reduziert werden.

39 Die Synchronisation verhindert eine "partielle Überproduktion" an einzelnen Stationen, da alle Stationen die gleiche Zykluszeit haben. Eine grundsätzliche Überproduktion, z. B. "aufs Lager", wird jedoch nicht verhindert.

40 Durch die Synchronisation der Prozesse wird die Arbeitsbelastung auf alle Stationen gleichmäßig verteilt. Es gibt keine Bottlenecks an denen Verzögerungen kapazitätsbedingt auftreten können.

41 Die Synchronisation der Prozesse führt zu einer gleichmäßigen Produktion, ohne keine Bottlenecks. Es sind also keine Zwischenpuffer nötig und können sich aufgrund der Synchronisation auch nicht aufstauen.

42 Die Synchronisation beeinflusst weder die Transporthäufigkeit(Taktzeit), noch die Transportlänge oder Transportart. Durch die Synchronisation sind Puffer zum Ausgleich von Zykluszeitunterschieden zwischen den Stationen überflüssig und damit entfällt auch verschwenderisches Zusatzhandling (Zwischenlagerung, etc.)

43 Synchronisation ermöglicht eine gleichmäßige Belastung und damit gleichmäßig, standardisierte Bewegungsabläufe.

44 Bei einer guten Synchronisation der Fließfertigung führen Bedarfsschwankungen nicht zu Belastungsschwankungen einzelner Stationen, sondern der gesamten Linie. Auf Bedarfsschwankungen lässt sich mit alternativen, synchronisierten Modellen (z. B. 2 statt 3 Mitarbeiter) reagieren.

45 Überschussproduktion wird durch die Layoutgestaltung nicht beeinflusst

46 Übersichtliches Layout in Verbindung mit kurzen Wegen führt zu geringeren Durchlaufzeiten. Damit wird auf Verzögerungen schneller reagiert und deren Auswirkung reduziert

47 Layoutanordnung bestimmt wesentlich die Entfernungen zwischen den Stationen. Eine ideale Layoutanordnung führt zu kleinstmöglichen Beständen zwischen den Stationen. Darüber hinaus bestimmt die Layoutanordnung die Möglichkeit von Bereitstellungsflächen und -mengen.

48 Layoutanordnung bestimmt wesentlich die Entfernungen zwischen den Stationen und damit auch die Transportwege. Gleiches gilt für die Bereitstellung der Materialien.

49 Die Layoutgestaltung kann Schwankungen und Überbelastung nicht beeinflussen.

50 Eine Andon-Tafel mit Visualisierung der Ausbringungsmenge kann auf Überproduktion und damit auf notwendige Reduzierung der Ausbringung hinweisen.

51 Stillstände und Ausfälle werden schneller sichtbar. Lange Verzögerungen werden damit deutlich vermieden.

52 Andon hat keinen Einfluss auf die Vermeidung von Verschwendung durch Lagerbestände, Transport, Bearbeitung, Bewegungsabläufe, Schwankungen/Überbelastung.

53 Das sofortige Stoppen der Anlage bei Fehlern und der damit verbundene Zwang, Fehler nachhaltig zu beheben, führen langfristig zu Vermeidung fehlerhafter Produkte

54 Mit Hilfe der Rüstzeitreduzierung (SMED) lässt sich die Losgröße deutlich verringern. Damit kann die Produktion besser an den kundenseitigen Bedarfsverlauf angepasst werden und auf Bedarfsschwankungen schneller reagiert werden. Überproduktion und Verzögerungen, die durch große Lose entstehen, entfallen. Ebenso kann der Lagerbestand aufgrund der kleinen Losgrößen erheblich reduziert werden.

55 Kleinere Lose, als Ergebnis der Rüstzeitreduzierung führen zu geringeren Transportmengen, aber auch zu einer höheren Transportfrequenz.

56 Die Bearbeitung wird durch die Rüstzeitreduzierung nicht beeinflusst

57 Durch die Rüstzeitreduzierung (SMED) werden die Bewegungsabläufe beim Rüsten erheblich verbessert. Oftmals wirkt sich dies auch auf eine Verbesserung der repetitiven Bewegungsabläufe in der Produktion aus.

58 Die Zahl der fehlerhaften Teile nach dem Rüstvorgang (Einstellteile) wird reduziert.

59 Bei kurzen Rüstzeiten kann auf Produkt-Mix-Schwankungen besser reagiert werden (s. Mixed Production).

60 Poke Yoke kann die Vermeidung von Überproduktion, Lagerung oder Transport nicht beeinflussen.

61 Eine sofortige 100% Prüfung verringert das Produzieren von n.i.O.-Teilen. Poke Yoke verhindert daher, dass größere Mengen aufgrund von Ausschuss nachproduziert werden müssen und vermeidet damit Verzögerungen.

62 Durch die 100% Prüfung werden der Bearbeitung nur Gutteile in richtiger Position zugeführt. Damit ist für die Bearbeitung immer die idealen Ausgangssituation gegeben und sie kann nach optimaler Auslegung (Vorschub, etc.) ablaufen. Poke Yoke nimmt jedoch keinen unmittelbaren Einfluss auf die Optimierung der Bearbeitung (Werkstoffe, Auslegung Betriebspunkt, etc.).

63 Poke Yoke optimiert die Abläufe beim Prüfen

64 Die 100%-Kontrolle vor und während des Prozessschrittes vermeidet die Produktion fehlerhafter Produkte bzw. die Weiterbearbeitung. Dies ist Kernziel von Poke Yoke

65 Poke Yoke hat keinen Einfluss auf die Vermeidung von Schwankungen/ Überbelastung

66 TPM stellt die Maschinenverfügbarkeit sicher, eine Überproduktion kann damit nicht vermieden werden.

67 Durch das Sicherstellen der Maschinenverfügbarkeit werden Verzögerungen durch Maschinenausfälle, unplanmäßige Reparaturen etc. vermieden.

68 Dadurch dass die Maschinenverfügbarkeit sichergestellt ist, kann der Sicherheitspuffer (für Maschinenausfälle, Unwägbarkeiten), reduziert werden

69 Verschwendung durch Transport kann mittels TPM nicht vermieden werden.

70 TPM führt zu besserem Maschinenzustand. Dies wiederum begünstigt eine höhere Prozessfähigkeit und damit eine bessere Bearbeitung.

71 Die Effizienz der Bewegungsabläufe wird durch TPM-Maßnahmen nicht unmittelbar erhöht. Durch die Verbesserung der Zuverlässigkeit der Anlagen können jedoch standardisierte, wiederholbare und damit effizientere Bewegungsabläufe implementiert werden. Das ständige Unterbrechen eines Arbeitsablaufes, durch Reparatur-, Einstellmaßnahmen, etc., wird vermieden.

72 TPM führt zu besserer Bearbeitung (s. Bearbeitung) und damit auch zu weniger Fehlteilen.

73 Durch das Sicherstellen der Maschinenverfügbarkeit entstehen keine Schwankungen durch Maschinenausfälle. Zudem kann auf Produktmix-Schwankungen unmittelbar reagiert werden, da die Anlagen einsatzbreit sind.

74 Überproduktion kann durch Autonomie nicht vermieden werden. Einzige Möglichkeit: Anlage stoppt, sobald bestimmte Puffergröße erreicht. Dies ist aber v. a. durch geeignete Produktionsgestaltung (One-Piece-Flow) erreichbar.

75 Verzögerungen können durch zuverlässige Autonomie (im Gegensatz zu Mitarbeitern taktet Anlage immer gleich, eigenständige Fehlererkennung und -beseitigung) vermieden werden.

76 Autonomie kann die Kontinuität der Ausbringung steigern. Dadurch können Sicherheitsbestände zum Abfangen von Produktionsschwankungen reduziert werden.

77 Autonomie kann den Transport automatisieren und damit ggf. kostengünstiger machen. Weglänge und Häufigkeit werden jedoch nicht vermieden.

78 Es ist Kernziel von Autonomie, Verschwendung bei der Bearbeitung und bei den Bewegungsabläufen zu vermeiden (Prozessoptimierung vor Automatisierung)

79 In der höchsten Stufe der Autonomie werden Fehler selbständig erkannt und behoben.

80 Autonomie kann Schwankungen/ Überbelastung nicht vermeiden. Durch die Autonomie können jedoch Arbeitsinhalte von überbelasteten Mitarbeitern an die Anlagen übergeben werden. Mitarbeiter, die einer permanenten Überbelastung unterliegen sind, werden dadurch entlastet.

81 Überproduktion wird durch 5-S zwar nicht prinzipiell vermieden, macht sie aber schneller sichtbar, und vermeidet sie dadurch indirekt.

82 5-S unterstützt die Vermeidung von Verzögerungen, dadurch dass alle benötigten Arbeitsmittel stets in ordentlichem Zustand und sofort auffindbar bereitliegen.

83 Mittels 5-S werden unnötiger Teile aus dem Lager entfernt, und damit der Lagerbestand auf das Wesentliche reduziert.

84 Mittels klarer Kennzeichnung werden die Transportwege eindeutig und das Abstellen der Ware vereinfacht. Die Transportlänge und -häufigkeit bleibt meist unverändert.

85 Ordnung und Sauberkeit kann zu einer Verbesserung des Prozess führen (s. TPM)

86 Die Effizienz der Bewegungsabläufe wird durch 5-S deutlich verbessert, da alle Arbeitsmittel stets in ordentlichem Zustand und in ergonomischer Anordnung bereitstehen

87 5-S führt zur Vermeidung fehlerhafter Produkte (z. B. Vermeiden von Teileverwechslung, Werkzeugverwechslung, Vermeidung des Einsatzes ungeeigneter Arbeitsmittel, etc.)

88 5-S kann Schwankungen und Überbelastung nicht unmittelbar vermeiden. Das Systematisieren und Standardisieren führt jedoch zu gezielten Prozessabläufen. Bei Schwankungen (z. B. Produktmix) kann dadurch schneller und effizienter reagiert werden.

89 Überproduktion kann durch Standardisierung (z. B. der Bestände und Zykluszeiten) indirekt vermieden werden.

90 Standardisierung führt zu kontrollierten, wiederholbaren und damit planbaren und sicheren Bewegungsabläufen. Prozessseitige Verzögerungen können damit vermieden werden.

91 Durch standardisierte Prozesse und der Vermeidung von Verzögerungen (s. Verzögerungen), können Sicherheitsbestände reduziert werden. Darüber hinaus kann die Lagerhaltung (z. B. Auslegung) standardisiert und damit reduziert werden.

92 Standardisierte Arbeitsabläufe, Bereitstellungsflächen und Transportabläufe können den Transportaufwand vereinfachen. Transportlänge und -häufigkeit bleibt meist unverändert (s. 5-S).

93 Standardisierung führt zu einer standardisierten Bearbeitung. Das Kernziel ist es dabei, die effiziente Bearbeitung als Standard für Mitarbeiter, Anlagen und Teile zu etablieren.

94 Standardisierung führt zu standardisierten Bewegungsabläufen. Das Kernziel ist es dabei, die effizientesten Bewegungsabläufe als Standard für Mitarbeiter und Anlagen zu etablieren.

95 Standardisierung führt zu Fehlervermeidung, da die Prozesse immer gleich ablaufen.

96 Standardisierung kann bedarfsseitig verursachte Schwankungen und Überbelastung nicht unmittelbar vermeiden. Das Standardisieren führt jedoch zu gezielten Prozessabläufen. Interne verursachte Verzögerungen werden vermieden und bei Produktmix-Schwankungen (kann schneller und effizienter reagiert werden).

97 Bei Gruppenarbeit besitzen alle Mitarbeiter den gleichen Informationsstatus bzgl. Bedarf, Kapazität, Ist-Ausbringung usw. Ein zielkonformes Produzieren ohne Überproduktion und Verzögerungen kann damit erreicht werden. Einzelaktionen (z. B. Vorproduktion an Einzelstationen) können damit vermieden werden.

98 Lagerbestände können durch Gruppenarbeit nur gering beeinflusst werden. Das Vermeiden von Überproduktion und Verzögerungen führt mittelbar auch zu einer Reduzierung der Sicherheitsbestände

99 Gruppenarbeit kann Verschwendung durch Transport fast nicht beeinflussen. (höchstens: bessere Kommunikation und damit Vermeidung von Fehltransporten)

100 Durch Gruppenarbeit kann Verschwendung bei der Bearbeitung und bei Bewegungsabläufen vermieden werden, z. B. Nutzung der Mitarbeiterkreativität für Prozessverbesserung, besser Belastungsverteilung, etc.

101 Fehler können in Gruppenarbeit vermieden werden bzw. Lösungsmöglichkeiten zur Vermeidung entwickelt werden (Problemlösungsgruppen)

102 Gruppenarbeit kann bedarfsseitig verursachte Schwankungen und Überbelastung nicht unmittelbar vermeiden. Schwankungen können in Gruppen jedoch besser verteilt werden, als bei Einzelpersonen (s. Synchronisation)

9.2 Beschreibung ausgewählter Lean-Methoden

In Anlehnung an das Strukturbild aus Kapitel 4.3.1 werden die Lean-Methoden aus den Bereichen der Produktionsplanung und -steuerung (Kapitel 9.2.1), der Produktionsgestaltung (Kapitel 9.2.2), der Anlagengestaltung und -bedienung (Kapitel 9.2.3) und der Arbeitsorganisation (Kapitel 9.2.4) erläutert.

9.2.1 Produktionsplanung und -steuerung

Entsprechend des Planungshorizontes unterscheidet man die strategische Produktionsplanung (Kapitel 9.2.1.1), die taktische Produktionsnivellierung und -glättung (Kapitel 9.2.1.2) und die operative Produktionssteuerung (Kapitel 9.2.1.3)

9.2.1.1 Produktionsplanung

Trotz des Ziels, im Lean Production System ausschließlich kundenbedarfsbezogen zu produzieren, ist eine strategisch ausgerichtete Produktionsplanung essentiell. Sie wird benötigt, um beispielsweise Personal- und Maschinenkapazitäten auszulegen, oder um Bedarfsschwankungen zu antizipieren und zu nivellieren. Die Produktionsplanung durchläuft mehrere Detaillierungsstufen [OHNO93, S.77ff]. Im ersten Schritt wird der **langjährige Produktionsplan** unter Einbeziehung einer langfristigen Vorhersage der Nachfrage und der Kapazität entwickelt [SHIN92, S.58ff].

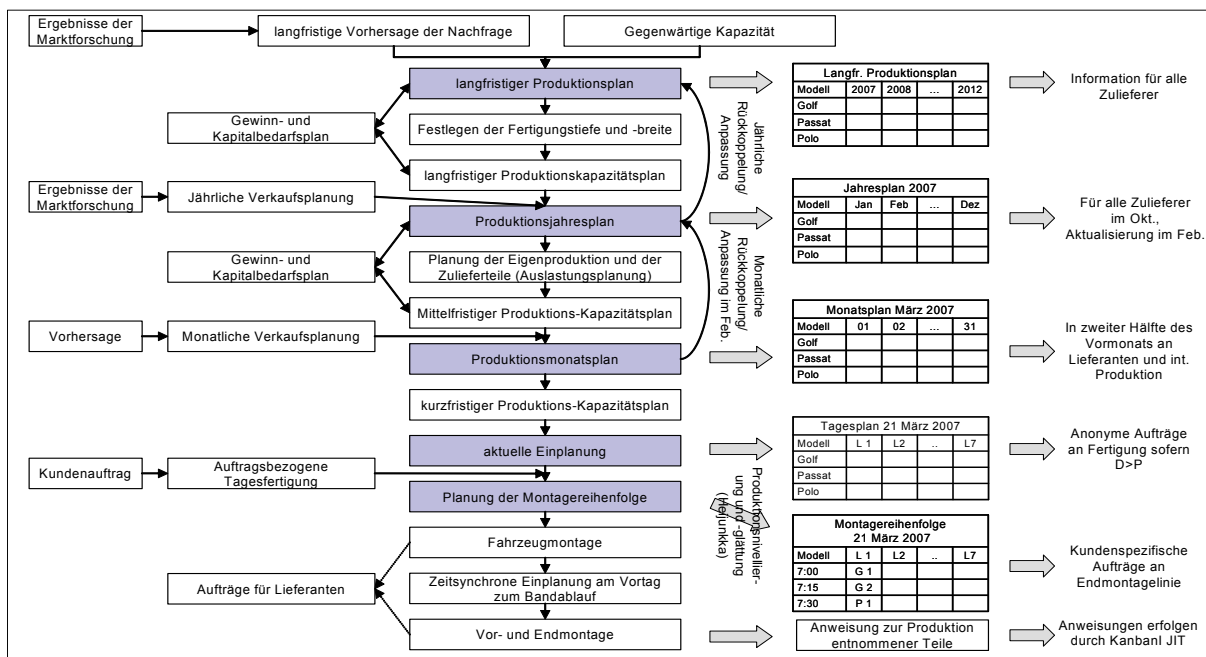


Abbildung 83: Ablauf der Produktionsplanung [in Anlehnung an SHIN92, S.59]

Mittels einer **jährlichen Verkaufsplanung** wird der **Produktionsjahresplan** erstellt. Dieser dient als Grundlage für die mittelfristige Kapazitätsplanung in der Eigen- und Fremdfertigung [OHNO93, S.77]. Der **Produktionsmonatsplan** weist Tagesplanstückzahlen eines Monats aus und basiert auf der monatlichen Verkaufsplanung. Er wird für die Kapazitätsplanung des Folgemonats und für die Planung von Teilen die prognoseorientiert gefertigt werden müssen genutzt. Die **Tagesplanung** und noch detaillierter die **Montagereihenfolgeplanung** erfolgt entsprechend den eingegangenen Kundenaufträgen. Diese Information erhält ausschließlich die Endmontage. Von dort aus werden die jeweiligen Einzelbedarfe der Teile und Komponenten via Just-in-Time-Information und Kanban (s. Kapitel 9.2.1.3) an die vorgelagerten Prozessschritte weitergeleitet.

9.2.1.2 Produktionsnivellierung und -glättung

Trotz der detaillierten Produktionsplanung, basierend auf möglichst zuverlässigen Marktprognosen, können die **tatsächlichen Bedarfsmengen stark variieren**. Je kürzer der Betrachtungszeitraum, umso größer fallen die relativen Schwankung (s. Abbildung 84) aus. Eine Produktion, die exakt dem tatsächlichen Bedarfsverlauf folgen würde, würde starken Belastungsschwankungen unterliegen mit den negativen Effekten in Form von Muda, Mura, Muri. Es muss also eine Lösung gefunden werden, um den Interessenkonflikt zwischen Kunden- und Produktionsanforderungen zu lösen. In einem System der **Massenfertigung** würden die Bedarfsschwankungen durch eine entsprechend hohe Lagerhaltung ausgeglichen werden. Die Produktion würde kontinuierlich mit möglichst großen Losgrößen (bzw. optimale Losgröße nach ANDLER [GUEN97, S.220]) fertigen. Ein Beispielbetrieb mit drei Produkten (A, B, C) würde demnach den Monatsbedarf der Produkte der Reihe nach herstellen. In einem **Lean Production System** wird ein Steuerungsinstrument mit dem Namen „Heijunka“ oder „Production Leveling“ eingesetzt, das die Produktionsschwankungen sowohl hinsichtlich der Menge (Nivellierung) als auch des Produktmixes (Glättung) [TAKE96, S.138] für bestimmte Zeiteinheiten (z. B. Tag) ausgleicht. Hierzu wird der Gesamtbedarf einer Periode (z. B. Monat) herangezogen und durch die Anzahl der Zeiteinheiten (z. B. Arbeitstage) geteilt. Diese so genannten „Tagtakte“ stellen den **nivellierten** Bedarf pro Arbeitstag dar (s. Abbildung 84).

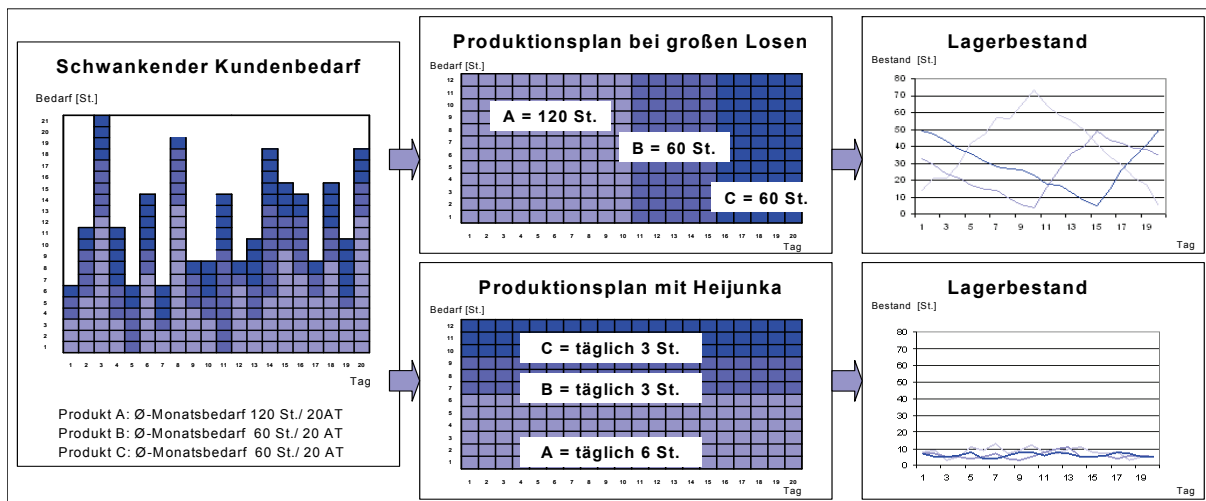


Abbildung 84: Beispiel zur Produktionsnivellierung und -glättung

Im Beispiel bedeutet dies, dass die Produkte A, B und C täglich in Mengen zu 6 St. bzw. 3 St. gefertigt werden. Beim **Glätten** der Produktion wird die Tagesproduktion in noch kleinere alternierende Losgrößen aufgeteilt. Die Visualisierung dieser Nivellierung und Glättung erfolgt auf einem **Heijunka-Board** [LIKE04, S.122]. Es ist besonders effektiv die Nivellierung und Glättung bei Endmontagebändern ("letzter Arbeitsgang") einzusetzen, da sich deren Auslastungssituation über eingesetzte Kanban-Systeme an die vorhergehenden Arbeitsschritte überträgt [OHNO93, S.64].

9.2.1.3 Produktionssteuerung: Pull-Prinzip

Die Produktionssteuerung hat die Aufgabe, die termin- und mengengerechte Fertigstellung der Teile unter bestmöglicher Nutzung der Ressourcen sicherzustellen. Aus organisatorischer Sicht können dabei die Ansätze hinsichtlich des Push- und des Pull-Prinzips unterschieden werden [GUEN97, S.286]. Die Grundkonzeption des Push-Prinzips (Schiebeprinzip, Bring-Prinzip) besteht darin, nach Auftragseingang die Start- und Endzeitpunkte aller Vorgänge in einem zentralen Steuerungssystem vor auszuplanen [GUEN97, S.287] [WIEN96, S.14-83]. Beim Pull-Prinzip (Ziehprinzip, Hol-Prinzip) [WILD05, S.8ff.] hingegen löst ein Kundenauftrag einen Bedarf an der jeweils vorgelagerten Station aus. Dies bedeutet, dass beispielsweise die Endmontage bei der Vormontage bestellt. Das System besteht damit aus verketteten, sich selbst steuernden Regelkreisen [GUEN97, S.291ff.]. Die Vorteile dieses Systems bestehen in der geringen Steuerungskomplexität, der verkürzten Durchlaufzeit und der Transparenz von Aufträgen und Beständen. Im Lean Production System wird, soweit dies möglich ist, das Pull-Prinzip dem Push-Prinzip vorgezogen.

Kanban

Ein mögliches System, um das Pull-Prinzip zu realisieren, stellt das Kanban-System (jap. „Schild“, „Karte“) dar. Kanban-Systeme befinden sich grundsätzlich zwischen den einzelnen Prozessschritten. Dabei entnimmt der Folgeprozess (Kunde) die Ware zum gewünschten Zeitpunkt und in der benötigten Menge aus dem Kanban-Lager (s. Abbildung 85) [LOED95, S.177ff].

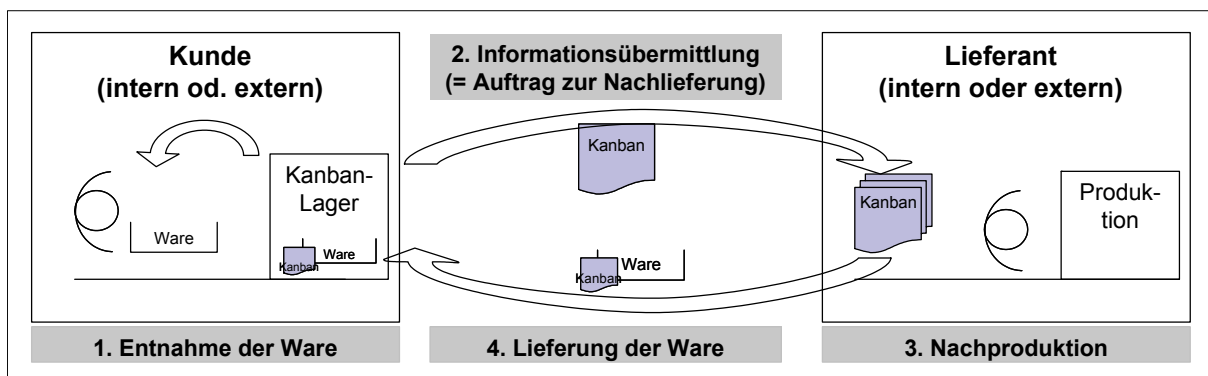


Abbildung 85: Ablauf eines Kanban-Systems

Die Entnahme wird im Kanban-System an den Lieferanten (vorgelagerter Prozess) weitergeleitet und stellt damit eine Art Bestellauftrag dar. Der Lieferant ist verpflichtet, diese Ware innerhalb der festgelegten Wiederbeschaffungszeit herzustellen und an das Kanban-Lager auszuliefern (s. Abbildung 85). So werden die Bedarfe ausgehend vom Kundenbedarf, bzw. vom letzten Prozessschritt bis zum ersten Prozessschritt „durchgereicht“.

Just-in-Time (JIT)

Ein weiteres System zur Realisierung des Pull-Prinzips und zur Minimierung der Lagerbestände stellt das Just-in-Time-System (JIT) dar. OHNO [OHNO93, S.30] definiert JIT wie folgt: „Just in Time bedeutet, dass in einem **Fließverfahren** die **richtigen Teile**, die zur Montage benötigt werden, zur **rechten Zeit** und nur in der **benötigten Menge** am Fließband ankommen. Ein Unternehmen, das diesen Teilefluss durchgehend praktiziert, kann sich einem Null-Lagerbestand annähern.“ Das JIT-System unterscheidet sich damit wesentlich von einem klassischen Bereitstellungslager (Vorratsbeschaffung). Je häufiger die Anlieferfrequenz des JIT-Systems, umso geringer ist der Lagerbestand beim Kunden und beim Lieferanten. Hierbei ist eine sinnvolle Abwägung zwischen den Kosten für eine erhöhte Lieferfrequenz und den Vorteilen durch geringere Lagerbestände zu treffen. Als Ausbaustufe des JIT-Systems gibt es das **Just-in-Sequenz-System**. Hierbei werden die Teile nicht nur in der geforderten Menge, sondern auch in der geplanten Montagereihenfolge angeliefert.

9.2.2 Produktionsgestaltung

Die Produktionsgestaltung umfasst die Organisation im Sinne einer Fließproduktion (Kapitel 9.2.2.1), die Synchronisation (Kapitel 9.2.2.2) und die räumliche Anordnung (Kapitel 9.2.2.3) der Stationen.

9.2.2.1 Fließproduktion

Im Gegensatz zum Verrichtungsprinzip, bei dem Bearbeitungs- bzw. Montagestationen ähnlicher Prozesse in einer Produktionseinheit zusammengefasst werden, sind bei der Fließproduktion die Bearbeitungs- und Montagestationen entsprechend der technisch erforderlichen Prozesskette angeordnet [CORS98, S.36] [AGGT82, S.461] [GRUN00, S.119].

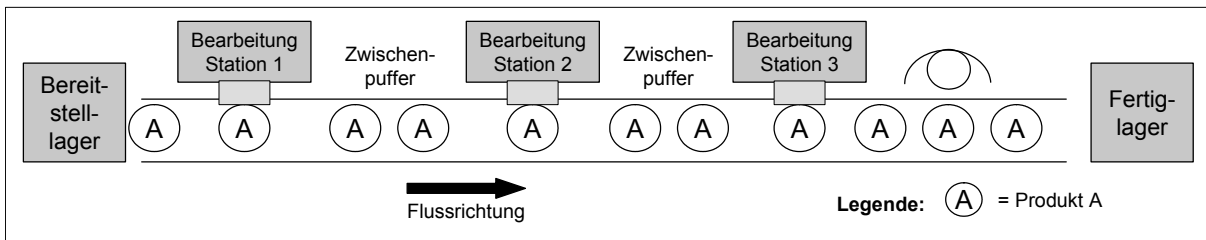


Abbildung 86: Fließproduktion

Die Fließproduktion stellt das Grundprinzip für weitere Varianten dar. Mit Hilfe des morphologischen Kastens in Abbildung 87 sollen diese hinsichtlich der Merkmale Taktung, Puffer, Losgrößen, Variantenvielfalt, Automatisierungsgrad und Folgezwang charakterisiert werden.

Merkmale	Ausprägungen		
Puffer zwischen den Stationen	keine Zwischenpuffer O	mit Zwischenpuffer	
Losgrößen	keine Losbildung (Losgröße = 1)		Lose
Produzierte Variantenvielfalt	gleiche Teile	ähnliche Teile/ Bearbeitung	artfremde Teile M
Automatisierung der Bearbeitung	keine Automatisierung	Teilautomatisierung	Vollautomatisierung
Automatisierung des Transports	keine Automatisierung C	Teilautomatisierung	Vollautomatisierung
Folgezwang	kein Folgezwang		Folgezwang
Hauptcharakteristika:	O = One-Piece-Flow	C = Chaku-Chaku Linien	M = Mixed Production Linien

Abbildung 87: Morphologischer Kasten für die Ausprägungsformen einer Fließproduktion

One-Piece-Flow

Bei einer Produktion nach dem One-Piece-Flow-Prinzip werden die Teile nach Ihrer Bearbeitung ohne Zwischenpuffer (s. Abbildung 87) an die nächste Bearbeitungsstation übergeben. Da es keine Puffer gibt, stoppt die gesamte Produktionslinie, sobald eine Bearbeitungsstation ausfällt. Die Sensibilität dieses System ist gewünscht, um folgende Vorteile zu erreichen:

- **Verbesserung der Qualität:** Produktionsfehler werden unmittelbar bemerkt
- **Verkürzung der Durchlaufzeit und Erhöhung der Flexibilität:** Durch den Entfall der Puffer verkürzen sich die Durchlaufzeiten. Aufträge können schneller geändert werden.
- **Kostenreduzierung** Platzeinsparungen, reduzierter Lagerbestand und Handlingsaufwand

Häufig wird One-Piece-Flow mit dem Begriff „Produktion mit Losgröße 1“ gleichgesetzt. One-Piece-Flow bedeutet ausschließlich, dass Teile ohne Zwischenpuffer gefertigt werden. Eine mit Losgröße 1, erfordert jedoch einen Variantenwechsel nach jedem Teil (s. „Mixed Production Linie“).

Chaku-Chaku Linien

Die wesentliche Eigenschaft einer Chaku-Chaku Linie besteht darin, dass die Teile durch den Mitarbeiter von Station zu Station transportiert werden (s. Abbildung 87). Die Bearbeitung läuft dann meist automatisiert ab, während der Mitarbeiter die weiteren Stationen entlang der Fließproduktion versorgt. Die Zeitdauer, die der Mitarbeiter benötigt, um alle Stationen zu versorgen, stellt die Taktzeit dar. Chaku-Chaku Linien berücksichtigen in der Regel das One-Piece-Flow Prinzip. Sie zeichnen sich weiterhin durch ihr charakteristisches Layout aus, wobei die Bearbeitungsstationen in U-Form angeordnet sind und der Produktionsfluss im Gegenuhrzeigersinn (Rechtshänder) erfolgt. Chaku-Chaku Linien bieten die Vorteile einer kurzen Durchlaufzeit, einer geringer Investition aufgrund der geringen Automatisierungstechnik und einer hohen Flexibilität. Sofern die Taktzeit der Linie größer ist als die Zykluszeiten der einzelnen Stationen, lässt sich die Kapazität durch den Einsatz weiterer Mitarbeiter vervielfachen [MOND03, S.161].

Mixed Production Linien

Mixed Production Linien (Gemischtproduktionslinien, Universallinien) definiert TAKEDA [TAKE96, S.23] als „Linien, auf denen ähnlich geartete Teile, bzw. Teile mit ähnlichen Bearbeitungsverfahren unabhängig von ihrer Größe in gemischter Produktion die Linie durchlaufen. Auf einer höheren Stufe sind sie auch in der Lage, artfremde Teile mitzubearbeiten, wobei der Fertigungsablauf genauso flüssig ist, als ob immer nur das gleiche Teile bearbeitet würde.“ Die charakteristische Eigenschaft einer Mixed Production Linie ist damit die Produktion ähnlicher, bzw. artfremder Teile (Variantenvielfalt) mit der Losgröße 1 (beliebiger Produktwechsel) (s. Abbildung 87). Der weitere Aufbau von Mixed Production Linien orientiert sich meist an den Eigenschaften von Chaku-Chaku-Linien [TAKE96, S.27ff u. S.75ff]. Mixed Production Linien führen zu einer Verbesserung der Flexibilität, da eine große Typenvielfalt bei kleinsten Losen produziert werden kann. Zudem ermöglichen sie eine Erhöhung der Auslastung und Reduzierung des Investitionsrisikos, da sich die Schwankungen und Auftragsrisiken auf viele Typen verteilen [TAKE96, S.26] [SHIN92, S.104].

9.2.2.2 Synchronisation (Ausbalancierung)

Das Ziel einer synchronisierten Prozesskette besteht darin, dass die gewünschten Teile entsprechend der benötigten Taktzeit gefertigt werden und dass dabei die Zykluszeiten der einzelnen Prozesse (Mitarbeiter- und Maschinenzkluszeit) der Taktzeit entsprechen. Eine vollständige Synchronisation ist erreicht, wenn alle Prozessschritte die gleiche Zykluszeit haben und damit Taktausgleichsverluste vollständig vermieden werden [SHIN92, S.75].

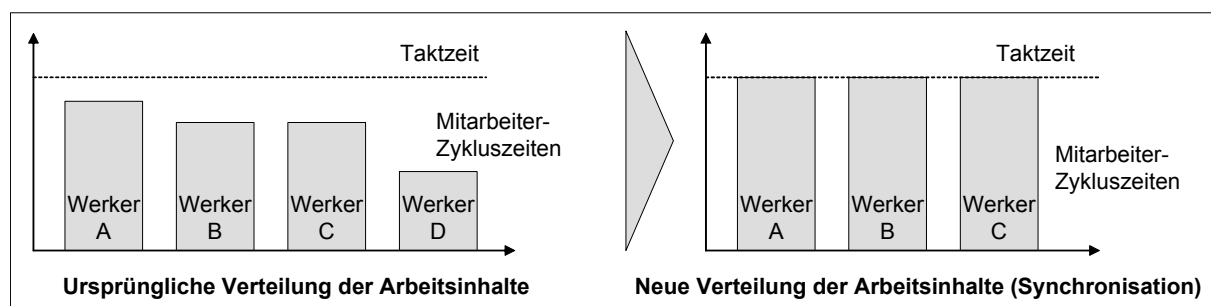


Abbildung 88: Synchronisation der Mitarbeiter-Zykluszeiten

Eine synchronisierte Prozesskette lässt sich durch verschiedene Maßnahmen erreichen:

- **Eliminierung von Verschwendung** und damit Reduzierung der Zykluszeit
- **Veränderung der Arbeitsverteilung** unter den Mitarbeitern und Arbeitsstationen
- **Trennung von Nebentätigkeiten**, die von anderen Mitarbeitern übernommen werden können.

9.2.2.3 Layoutanpassung

Der Einsatz der Fließproduktion in Verbindung mit dem One-Piece-Flow und kleinen Losgrößen führt dazu, dass die Transporthäufigkeit erhöht wird. Um dennoch die Verschwendung gering zu halten, besteht das Ziel der Layoutanpassungen darin, den Transportaufwand zu reduzieren [SHIN92, S.72ff]. In einem Lean Production System wird die **U-Form als Layoutanordnung** bevorzugt (Abbildung 89).

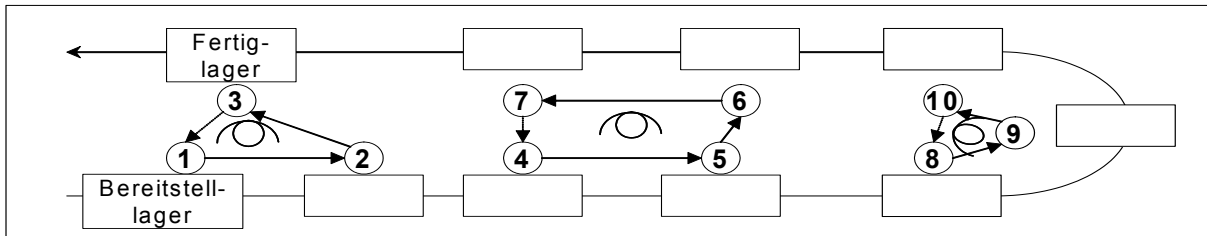


Abbildung 89: Layoutgestaltung

Nach MONDEN [MOND03, S.161] bietet die Layoutgestaltung in U-Form folgende Vorteile:

- **Logistik/ Materialbereitstellung:** Die Stationen zur Anlieferung bzw. zur Entnahme des Rohmaterials und zum Abtransport bzw. zur Ablage des Fertigteils liegen dicht beieinander.
- **Stückzahlflexibilität:** Bei Schwankungen der Produktionsstückzahlen lässt sich die Anzahl der Mitarbeiter erhöhen oder verringern und damit die Ausbringung vervielfachen bzw. teilen.
- **Prozessflexibilität:** Die U-Form bietet zudem die Möglichkeit einer Erweiterung am Kopfende, sofern die Anzahl der Prozessschritte zunimmt.

9.2.3 Anlagengestaltung und -bedienung

Die Anlagengestaltung und -bedienung umfasst neben der Rüstzeitoptimierung (Kapitel 9.2.3.1) auch die Automation (Kapitel 9.2.3.2), die Ausstattung mit Poke Yoke und Andon (Kapitel 9.2.3.3 u. 9.2.3.4) und das Sicherstellen der Verfügbarkeit mit Total Productive Maintenance (Kapitel 9.2.3.5).

9.2.3.1 Rüstzeitoptimierung (SMED)

Rüstzeiten stellen unproduktive Zeiträume dar und sind damit Verschwendung. Um die vermeiden kann entweder die Rüsthäufigkeit reduziert werden (große Losgrößen) oder die Rüstzeit minimiert werden. SHINGO [SHIN92] ist Initiator des Ansatzes der Rüstzeitoptimierung, der auch SMED (Single Minute Exchange of Die) genannt wird, da die Rüstzeit im einstelligen Minutenbereich liegen soll. Im Gegensatz zur Reduzierung der Rüsthäufigkeit gelingt es dadurch, kleine Losgrößen wirtschaftlich zu fertigen, die Bestände zu reduzieren, die Flexibilität zu erhöhen und die Schulung der Mitarbeiter zu optimieren. Die Rüstzeitreduzierung enthält vier Kernpunkte [TAKE96, S.148] [SHIN92, S.79]:

- **Trennung von internen und externen Rüstzeiten:** Interne Rüstzeiten sind Stillstandszeiten der Maschine, bei externen Rüstzeiten läuft die Anlage und Zusatzaufgaben werden erledigt.
- **Verlagern interner Rüstzeiten zu externen Rüstzeiten:** Wichtig ist es, die Stillstandszeit der Anlage so gering wie möglich zu halten. Daher werden alle Tätigkeiten, die auch bei laufender Anlage erfolgen können, soweit möglich, in die externe Rüstzeit verschoben.
- **Minimierung der internen Rüstzeiten:** Durch entsprechende Verbesserungen (z. B., Einstellhilfen) und durch ein standardisiertes Vorgehen wird die interne Rüstzeit minimiert.
- **Minimierung der externen Rüstzeiten:** Erst wenn die interne Rüstzeit minimiert wurde, soll auch die externe durch entsprechende Maßnahmen verringert werden.

Als Zielzustand werden „One-Touch-Systeme“ angestrebt, bei denen auf „Knopfdruck“ der Rüstvorgang vollzogen wird.

9.2.3.2 Jidoka/ Automation

Unnötige Bewegungsabläufe und Bearbeitungen stellen Formen der Verschwendung dar. Das Lean Production System sieht ein 2-stufiges Vorgehen vor, um dies zu vermeiden. **Zunächst** müssen die bestehenden Bearbeitungs- und Bewegungsabläufe **kontinuierlich verbessert** werden, bis sie weitestgehend verschwendungsfrei sind. Erst dann erfolgt eine **Automatisierung** der Prozesse. Die japanische Bezeichnung **Jidoka** bedeutet „**Automatisierung mit menschlicher Intelligenz**“ und wird meist mit „Automation“ übersetzt [MOND03, S.223ff.]. Die Umsetzung und Ausprägung von Jidoka unterteilt SHINGO [SHIN92, S.40] in sechs Entwicklungsstufen (s. Abbildung 90) Nach OHNO [OHNO93, S.96] besteht der Unterschied der Automation zu einer reinen Automatisierung darin, dass die Anlage nicht nur die Bearbeitung automatisiert durchführt, sondern auch die Fehlererkennung und -beseitigung.

Ausprägung Autom.- Stufe	Bearbeitungsfunktionen				Qualitätsfunktionen		Beispiel
	Hauptoperation		Nebenoperation		Erkennung von Abweichungen	Beseitigung von Fehlern	
	Be- arbeitung	Werkzeug- wechsel	Zuführung/ Entnahme	Schalter- bedienung			
1 Handarbeit	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Handbohrmaschine
2 Automatische Bearbeitung mit manuellem Werkzeugwechsel	Maschine	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Arbeiter	Bohrmaschine führt Bohrbewegung automatisch durch (z.B. Hubbewegung für eingestellte Bohrtiefe)
3 Automatische Bearbeitung mit automatischem Werkzeugwechsel	Maschine	Arbeiter	Arbeiter	Maschine stoppt bei groben Störungen (Arbeiter überwacht mehrere Maschinen)	Arbeiter	Arbeiter	Bohrmaschine, die Werkzeuge (z.B. Bohrerwechsel bei Stufenbohrung) wechselt und bei Problemen der Maschine (z.B. Bohrer verkantet) stoppt.
4 Halbautomatischer Betrieb	Maschine	Maschine	Maschine	Maschine erkennt differenzierte Abweichung (Arbeiter überwacht mehrere Maschine)	Arbeiter	Arbeiter	Bohrzelle, die Werkzeuge wechselt, Material autom. zuführt, die Bearbeitung beginnt und Fehler differenziert erkennen kann (z.B. Verschleißgrenze des Bohrers)
5 Prä-Autonomation	Maschine	Maschine	Maschine	Maschine erkennt jegliche Art von Abweichung	Arbeiter	Arbeiter	Bohrzelle erkennt alle Arten von Fehlern, (z.B. Maßabweichungen, Riefen), aber Mensch muss Fehler beheben (z.B. Korrektur der Grundeinstellung)
6 Autonomation	Maschine	Maschine	Maschine	Maschine	Maschine	Maschine	Bohrzelle erkennt alle Arten von Fehlern, die automatisiert behoben werden (z.B. Anpassen der Grundeinstellung)

Abbildung 90: Stufen der Autonomation

9.2.3.3 Poke Yoke

Im Rahmen der Qualitätskontrolle gibt es unterschiedliche Kontrollmethoden, die einen wesentlichen Einfluss auf den Zeitpunkt der Fehlererkennung, der Fehlerbehebung und den Umgang mit den Schlechteilen haben. Sie unterscheiden sich hinsichtlich des **Kontrollablaufs** (z. B. am Ende der Prozesskette oder vor/nach jedem Prozessschritt), des **Prüfumfangs** (Stichprobe vs. 100%-Kontrolle) und des **Prüfobjektes** (Ergebnis- vs. Ursachenkontrolle) [HART02, G51 05.01] [LUNA06, S.192] [SHIN92, S.89]. **Poke Yoke** stellt eine Möglichkeit dar, um eine **Ursachenkontrolle mit einem 100%igen Prüfumfang** durchzuführen. Dabei wird die Konformität der Teile vor der Weiterverarbeitung und die korrekte Durchführung des Prozesses überprüft. Meist finden dafür Poke Yoke Vorrichtungen Anwendung, die folgenden **Einsatzzweck** haben [SHIN92, S.89]:

- Vorrichtung, die ein fehlerhaftes Einlegen der Teile verhindert.
- Vorrichtung, die verhindert, dass mit der Bearbeitung begonnen wird, wenn ein falsches, fehlerhaftes oder kein Teil eingelegt wurde.
- Vorrichtung, die eine weitere Bearbeitung verhindert, wenn ein Bearbeitungsfehler aufgetreten ist.
- Vorrichtungen, die Bearbeitungs- oder Transportfehler korrigieren und so den Fortgang der Bearbeitung ermöglichen.

9.2.3.4 Andon

Andon ist ein System, das den aktuellen Produktionszustand sichtbar macht und in unterschiedlichen Ausbaustufen realisiert werden kann. In der einfachsten Version besteht es aus einer Reißleine entlang der Produktionslinie, an der der Mitarbeiter zieht, sofern die Produktion unterbrochen werden soll und er Unterstützung benötigt. Signalleuchten weisen dann auf den Stillstand und die Dringlichkeit der benötigten Unterstützung hin. Bei komplexeren Systemen visualisiert eine elektronische Tafel alle benötigten Informationen, z. B. Plan- und Ist-Stückzahl, aktuelle Störungen [MOND03, S.232]. Sie helfen die Fehler zu visualisieren, die Stillstandszeiten zu minimieren und die Produktivität zu erhöhen.

9.2.3.5 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) stellt ein Konzept zur Instandhaltung dar, mit dem Ziel die Verfügbarkeit der Anlagen jederzeit sicherzustellen. Um dies zu erreichen, findet häufig ein Säulenkonzept Anwendung, das je nach Literaturangabe fünf bis acht Elemente [REIT07, S.45] [RADH94, S.3] [RADH02, S.17] [LUNA06, S.206] umfasst.

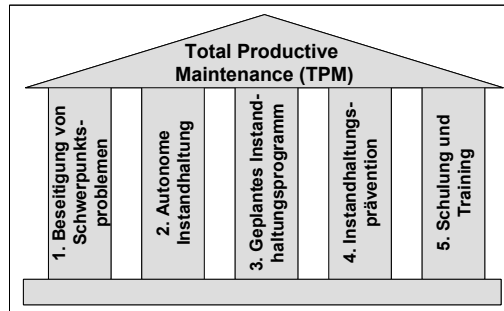


Abbildung 91: Säulen des TPM

Abbildung 91 zeigt die 5 Säulen des TPM nach RADHI [RADH02, S.17]. Hinter jeder dieser Säulen verbirgt sich wiederum ein mehrstufiger Maßnahmenplan. So sollen beispielsweise bei der **Beseitigung von Schwerpunktsproblemen** insbesondere die Hauptverluste (z. B. Anlagenausfälle, Rüst- und Einrichtverluste, usw.) identifiziert und beseitigt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen findet sich u. a. in der Literatur von RADHI [RADH94] [RADH02].

9.2.4 Arbeitsorganisation

Die Arbeitsorganisation beinhaltet die Standardisierung (Kapitel 9.2.4.1), die Gewährleistung von Ordnung und Sauberkeit (Kapitel 9.2.4.2) und die Gruppenarbeit (Kapitel 9.2.4.3).

9.2.4.1 Standardisierung

Das Ziel und die Aufgabe der Standardisierung bestehen darin, für das Produktionssystem allgemein gültige Standards zu kreieren. Standards sind von fundamentaler Bedeutung, da

- die **Verbesserung eines Prozesses** (Kaizen) nur dann möglich ist, wenn er standardisiert und damit stabilisiert ist [IMAI96, S.5] [TRAE94, S.12]
- standardisierte Prozessbeschreibungen die Voraussetzung für eine **verschwendungsfreie, mitarbeiterübergreifende Zusammenarbeit** in einer Prozesskette schaffen,
- standardisierte Prozessbeschreibungen als Vorlagen für das **Training neuer Mitarbeiter** notwendig sind und nur so die Verbesserungsideen für alle nutzbar werden [OHNO93, S.47]

Aufgrund dieser vielfältigen Bedeutungs- und damit Anforderungsstruktur bezieht sich die Standardisierung auf verschiedenste Bereiche, beispielsweise die Standardisierung von Produktionsprozessen, von administrativen Abläufen und von Betriebsmitteln.

9.2.4.2 5-S

Das Ziel von 5-S besteht darin, einen sauberen, geordneten, übersichtlichen Arbeitsplatz mit den notwendigen Werkzeugen in einer standardisierten Form (s. Kapitel 9.2.4.1) zu gewährleisten. Überflüssige Hilfsmittel, Schmutz usw. behindern die Arbeit und führen zu Verschwendung (z. B. Qualitätsfehler) und zu Arbeitsunfällen. Die Bezeichnung 5-S stammt von einem 5-stufigen Vorgehen mit den Anfangsbuchstaben der jeweiligen Stufe. Abbildung 92 zeigt die Stufen und deren Bedeutung.

Japanisch	Englisch	Deutsch	Bedeutung
Seiri	Sort	Sortieren	Entfernen aller unnötigen Dinge vom Arbeitsplatz
Seiton	Straighten	Systematisieren	Benötigte Dinge in eine sichtbare Ordnung bringen
Seiso	Shine	Säubern	Arbeitsumgebung säubern und sauber halten
Seiketsu	Standardize	Standardisieren	Ordnung und Sauberkeit dokumentieren, erhalten und verbessern
Shitsuke	Sustain	Selbstdisziplin	Einhaltung und ständige Verbesserung der Ordnung und Sauberkeit

Abbildung 92: Bedeutung von 5-S

Entsprechend diesem Vorgehen erfolgt in der ersten Stufe das **Sortieren**, wobei die überflüssigen oder selten benötigten Arbeitsmittel entfernt werden. Beim **Systematisieren** und **Säubern** werden die notwendigen Arbeitsmittel entsprechend der Häufigkeit der Verwendung und unter ergonomischen Gesichtspunkten an definierten Stellen gesäubert angebracht. Durch das **Standardisieren** und die **Selbstdisziplin** wird sichergestellt, dass die erreichte Ordnung auch langfristig erhalten.

9.2.4.3 Gruppenarbeit

Die Gestaltung von Gruppenarbeit wird seit langem in vielen Konzepten (z. B. Gruppenfabrikation, Skandinavische Experimente, Quality Circles) diskutiert [LANG22], [EMER82] [DAVI79] [BERG92] [ZINK89]. Als Vorteile der Gruppenarbeit gegenüber der starren Arbeitsteilung wird die **Nutzung der Mitarbeiterkreativität und Erfahrung**, die **Steigerung der Produktivität durch Gruppendynamik** und die **Steigerung der Arbeitsmotivation durch erweiterte Arbeitsinhalte** gesehen. Die

Gruppenarbeit umfasst verschiedene Aufgaben, die mit unterschiedlicher Häufigkeit auftreten und einen wachsenden Anspruch an die Zusammenarbeit haben [MAEH95, S.155] [SPRI96, S.70] [KISS96, S.24], wie Abbildung 93 zusammenfassend zeigt:

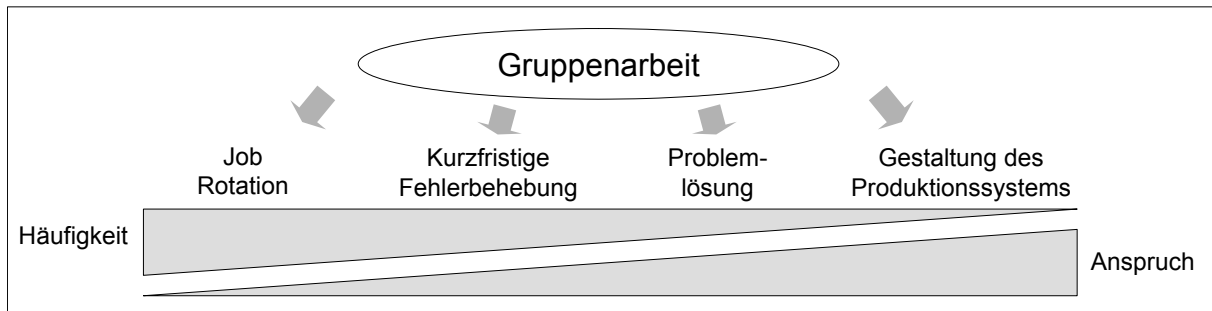


Abbildung 93: Gruppenarbeit im Produktionsprozesssystem

Das System des **Job Rotation** ermöglicht es den Mitarbeitern, den Arbeitsplatz innerhalb der Gruppe zu wechseln und unterstützt so ein ermüdungsfreies und abwechslungsreiches Arbeiten. Für die **kurzfristige Fehlerbehebung** im Rahmen der täglichen Produktion ist die gesamte Gruppe verantwortlich. Im Rahmen der **Problemlösungsfindung** werden in Abhängigkeit des erkannten Problems Kleingruppen gebildet, die gemeinsam die Ursachenanalyse betreiben, Lösungen erarbeiten, diese implementieren und den Erfolg verifizieren. Die anspruchsvollste Aufgabe einer Gruppe besteht darin, die **Gestaltung des Produktionssystems** zu übernehmen und durch Verbesserungen jegliche Art von Verschwendung zu eliminieren.

9.3 Katalog zur qualitativen Bewertung

Bewertungskatalog zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes

Lean Elemente und deren Bewertungskriterien	Total		0		Abteilung	Produkt	Teilnehmer		Datum
	Ergebnisart	Gewichtung	Ergebnisse	Ergebnis			Bereich 1	Bereich 2	
Produktionsplanung und -steuerung									
Produktionsplanung	Gesamtergebnis	1	0,0						
Identifikation der Kundenwünsche und -bedarfe	Teilergebnis	1	0,0						
- Marktrecherche der langfristigen Kundenbedürfnisse (5 Jahre)			0,0						
- Jährliche Marktrecherche für Verkaufsplanung			0,0						
- Jährliche Marktrecherche für Vertriebsplanung			0,0						
Verkaufsplanung	Teilergebnis	1	0,0						
- Langfristige Verkaufsplanung basierend auf Marktrecherche			0,0						
- Jährliche Verkaufsplanung basierend auf Marktrecherche			0,0						
- Monatliche Verkaufsplanung basierend auf Vorhersage			0,0						
Produktionsplanung	Teilergebnis	1	0,0						
- Langfristiger Produktionsplan basierend auf langfristiger Verkaufsplanung			0,0						
- Produktionsplan basierend auf jährlicher Verkaufsplanung			0,0						
- Produktionsplan basierend auf monatlicher Verkaufsplanung			0,0						
- Systematische aktuelle Einplanung basierend auf Auftrag oder Prognose			0,0						
- Systematische Planung der Montage Reihenfolge			0,0						
- Festlegung der Fertigungsreihe und -breite			0,0						
- Festgelegte Fertigungsreihe und -breite, mit Strategie abgestimmt			0,0						
Planung der Eigenproduktion und der Zulieferer (Auslastungsplanung)	Teilergebnis	1	0,0						
- Langfristige Produktionskapazitätsplan (5 Jahre)			0,0						
- Mittelfristiger Produktionskapazitätsplan (1 Jahr)			0,0						
- Kurzfristiger Produktionskapazitätsplan (1 Monat)			0,0						
Produktionsnivellierung und -glättung: Heijunka	Gesamtergebnis	1	0,0						
Produktionsnivellierung	Teilergebnis	1	0,0						
- Verteilung des Monatsbedarfes (Endprodukt) als gleichmäßiger Produktmix auf jeden Fertigungstag			0,0						
- Visualisierung der Nivellierung (Heijunka-Board)			0,0						
- Einhalten der Nivellierung			0,0						
Produktionsglättung	Teilergebnis	1	0,0						
- Verteilung des nivellierten Tagesbedarfes (Endprodukt) auf einzelne Fertigungssequenzen (A-B-C-A)			0,0						
- Visualisierung der Glättung (Heijunka-Board)			0,0						
- Einhalten der Glättung			0,0						
Produktionssteuerung: Pull-Prinzip	Gesamtergebnis	1	0,0						
Pull-Prinzip	Teilergebnis	1	0,0						
- Steuerung erfolgt nach dem Pull-Prinzip (Ausnahme kundenspezifische Teile mit Beschaffungszeit > Auftragszeit)			0,0						
JIT/Just-in-Sequence	Teilergebnis	1	0,0						
- Lieferung erfolgt JIT			0,0						
- Lieferung erfolgt Just-in-Sequence			0,0						
- Teile bzw. Komponenten klar und fundiert definiert			0,0						
- Lieferfrequenz und Liefermenge systematisch ermittelt			0,0						
- Menge, Standort usw. eindeutig visualisiert			0,0						
- JIT-Lieferung erfolgt durch JIT-Produktion, nicht durch Zwischenlager			0,0						
Kanban	Teilergebnis	1	0,0						
- Reibungsloser Ablauf (keine Fehllieferungen, Stillstandszeiten, Feuerwehreaktion, etc.)			0,0						
- Pull-Prinzip-Steuerung erfolgt mittels Kanban			0,0						
- Teile bzw. Komponenten klar und fundiert definiert			0,0						
- Systematische Auslegung des Kanban-Systems			0,0						
- Sicherstellung der Anpassung bei langfristigen Bedarfsänderungen			0,0						
- Klare Visualisierung des Kanban-Systems und des Kanban-Prozesses			0,0						
- Einhalten der Produktion/ Nachlieferung entsprechend der Kanban-Einstellung			0,0						

Bewertungskatalog zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes

Lean Elemente und deren Bewertungskriterien	Total		0		Abteilung:	Produkt:	Teilnehmer:		Datum:	
	Ergebnisart	Gewichtung	Ergebnisse				Bereich 1	Bereich 2		Bereich X
			0	1						
Produktionsgestaltung										
Fließproduktion										
Fließproduktion										
- Produktion nach Fließprinzip (nicht nach Vertriebsprinzip (Werkstattfertigung))										
One-Piece-Flow										
- Zwischen den Prozessschritten befinden sich keine Puffer										
- In der Fließproduktion befinden sich ausschließlich aktuell bearbeitete Teile										
Chaku-Chaku										
- Zwischen den Prozessschritten befinden sich keine Puffer										
- Bearbeitung der einzelnen Prozessschritte ist teil- oder vollautomatisiert										
- Transport zwischen den Stationen ist nicht automatisiert, höchstens teilautomatisiert										
- Folgezwang der Stationen										
- Tätigkeiten an den einzelnen Stationen sind standardisiert und visualisiert										
- Zykluszeiten und Taktzeiten sind ausgeglichen und visualisiert										
- Es bestehen Alternativszenarien bei unterschiedlichem Bedarf										
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung der Chaku-Chaku-Linie										
Mixed Production										
- Zwischen den Prozessschritten befinden sich keine Puffer										
- Lösgröße = 1, keine Losbildung										
- Produktion ähnlicher oder attrahender Teile										
- Keine Umschzeiten zwischen verschiedenen Teilen										
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung der Mixed-Production-Linie										
Synchronisation der Prozesse										
- Klare Berechnung der Taktzeit										
- Zykluszeit und Taktzeit sind ausgeglichen										
- Visualisierung von Zykluszeit und Taktzeit für jeden Prozessschritt										
- Szenarien bei unterschiedlichem Bedarf										
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung der Synchronisation										
Layout										
- Eindeutige Visualisierung des Materialflusses										
- Layoutanordnung entsprechend des Materialflusses										
- Kurze Wege zwischen Prozessschritten (Stationen)										
- Anordnung in U-Form										
- Hohe Flexibilität bei Layoutänderungen (Anlagen und Peripherie)										
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung der Layoutanordnung										

Bewertungskatalog zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes

Lean Elemente und deren Bewertungskriterien	Total		0		Abteilung:	Produkt:	Teilnehmer:	Datum:
	Ergbnisart	Gewichtung	Ergbnisse					
Anlagengestaltung und -bedienung								
Andon		Gesamtergebnis	1	0,0	Bereichs- ergebnis	Bereich 1	Bereich 2	Bereich X
- Anlagen sind mit Andon-Auslösern und Signalen versehen				0,0	nicht vorhanden	0	0	0
- Veranlassungen bei Auslösen der Andon-Signale sind definiert				0,0	0	0	0	0
- Schnelle Reaktionszeit				0,0	0	0	0	0
- Einhalten der Veranlassungsregeln				0,0	0	0	0	0
- Gesamt-Andon-Tafel				0,0	0	0	0	0
SMED		Gesamtergebnis	1	0,0	Bereichs- ergebnis	Bereich 1	Bereich 2	Bereich X
- Rüstzeit ist unter 10 min				0,0	nicht vorhanden	0	0	0
- Rüstablauf ist klar definiert und visualisiert				0,0	0	0	0	0
- Rüstwerkzeug ist definiert und visualisiert				0,0	0	0	0	0
- Einhalten des definierten Rüstablaufs				0,0	0	0	0	0
- Keine Justagevorgänge beim Rüsten, nur Umstellen				0,0	0	0	0	0
- Minimale Wege beim Rüsten				0,0	0	0	0	0
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Reduzierung der Rüstzeit				0,0	0	0	0	0
Poke Yoke		Gesamtergebnis	1	0,0	Bereichs- ergebnis	Bereich 1	Bereich 2	Bereich X
- Ursachenkontrolle (statt Stichprobe, Folgekontrolle, Selbstkontrolle)				0,0	nicht vorhanden	0	0	0
- Poke Yoke für kritische Parameter an jeder Station				0,0	0	0	0	0
- Kritische Merkmale und eingesetzte Poke Yoke Vorrichtung visualisiert				0,0	0	0	0	0
- Handhabung des Poke Yoke Vorrichtung dokumentiert				0,0	0	0	0	0
- Reaktionsaktivitäten bei Fehlern definiert				0,0	0	0	0	0
- Einhalten der definierten Reaktionsaktivitäten				0,0	0	0	0	0
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Reduzierung der Poke Yoke Vorrichtungen				0,0	0	0	0	0
TPM		Gesamtergebnis	1	0,0	Bereichs- ergebnis	Bereich 1	Bereich 2	Bereich X
- Kritische Anlagen systematisch erfasst und definiert				0,0	nicht vorhanden	0	0	0
- Kritische Komponenten für Instandhaltung systematisch erfasst und definiert				0,0	0	0	0	0
- Instandhaltungspläne (Instandhaltungsintervalle, -umfang, -vorgehen) klar definiert und visualisiert				0,0	0	0	0	0
- Installierter Prozess für Einhalten der Instandhaltungspläne (Verantwortlichkeiten und Dokumentation)				0,0	0	0	0	0
- Installierte Prozess für tägliche Wartung (inkl. Verantwortlichkeiten und Dokumentation)				0,0	0	0	0	0
- Prozess bei Reparaturen sichergestellt (Ansprechpartner, Verantwortlichkeiten)				0,0	0	0	0	0
- Reaktionszeiten bei Reparaturen definiert, kurze Reaktionszeit sichergestellt				0,0	0	0	0	0
- Ersatzteilversorgung sichergestellt				0,0	0	0	0	0
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung von TPM				0,0	0	0	0	0
Automatization		Gesamtergebnis	1	0,0	Bereichs- ergebnis	Bereich 1	Bereich 2	Bereich X
- Prozessoptimierung vor Automatisierung				0,0	nicht vorhanden	0	0	0
- Prozessautomatisierung führt zu Mitarbeiterersparung (Mitarbeiterkontrollform)				0,0	0	0	0	0
- Einsatz einzelner Einzelwerkmaschinen oder spezialisierter Universalmaschinen				0,0	0	0	0	0
- Stufe der Automatisierung				0,0	0	0	0	0
1) Handarbeit (0 Pkt.)								
2) Automatische Bearbeitung mit manuellem Werkzeugwechsel (2 Pkt.)								
3) Automatische Bearbeitung mit automatischem Werkzeugwechsel (4 Pkt.)								
4) Halbautomatischer Betrieb (6 Pkt.)								
5) Prä-Automatization (8 Pkt.)								
6) Automatization (10 Pkt.)								
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung der Automatisierung				0,0	0	0	0	0

Bewertungskatalog zum Messen des Lean-Umsetzungsstandes

Abteilung:	Produkt:	Teilnehmer:										Datum:
		Bereich 1		Bereich 2		Bereich 3		Bereich 4		Bereich 5		
Total		0										
Lean Elemente und deren Bewertungskriterien	Ergebnisatz	Gewichtung		Ergebnisse								
Arbeitsorganisation												
5-S	Gesamtergebnis	1		0,0								
Sortieren: Entfernen alles Unnötigen vom Arbeitsplatz	Teilergebnis	1		0,0								
- Am Arbeitsplatz und in der Umgebung befinden sich nur die notwendigen Gegenstände				0,0								
- In gemeinsamen Bereichen sind die notwendigen Gegenstände gekennzeichnet				0,0								
- Funktionsfähigkeit der notwendigen Gegenstände sichergestellt				0,0								
- Auf Freiflächen (inkl. Wege) befinden sich keine unnötigen Gegenstände				0,0								
- Installierter Prozess zur Beseitigung unnötiger Gegenstände (Umfang, Verantwortlichkeiten)				0,0								
Systematisieren: Zur Aufgabenerfüllung benötigtes in eine sichtbare Ordnung bringen	Teilergebnis	1		0,0								
- Benötigte Gegenstände und deren Aufbewahrungsort sind beschriftet/ gekennzeichnet				0,0								
- Systematische Aufbewahrung gemeinsam genutzter Gegenstände (Redundanzen vermeiden, Übersichtlichkeit sicherstellen)				0,0								
- Aufbewahrungsort entsprechend Nutzungsfähigkeit und Ergonomie angeordnet				0,0								
Saubern: Arbeitsumgebung säubern und sauber halten	Teilergebnis	1		0,0								
- Arbeitsplätze/Anlagen/ Gegenstände sind gereinigt				0,0								
- Gemeinsame Bereiche sind gereinigt				0,0								
- Installierter Prozess zur Reinigung der Arbeitsumgebung (Umfang, Zeitplan, Verantwortlichkeiten)				0,0								
Standardisieren: Standardisierte Ordnung dokumentieren, erhalten und verbessern	Teilergebnis	1		0,0								
- Einheitsches Erscheinungsbild (Beschriftung, etc.), unternehmensweite Standardvorgaben				0,0								
- Aufgaben für standardisierte Ordnung sind definiert (Zeitplan und Verantwortlichkeiten)				0,0								
- Installierter Prozess zum Erhalt und zur Verbesserung von Ordnung und Sauberkeit (Umfang, Zeitplan, Verantwortlichkeiten)				0,0								
Selbstdisziplin: Einhaltung und ständige Verbesserung der Maßnahmen sichern	Teilergebnis	1		0,0								
- Einschätzung der Selbstdisziplin der Mitarbeiter				0,0								
- Gestaltung der Teamarbeit für 5-S				0,0								
- Support durch das Management				0,0								
Standardisierung	Gesamtergebnis	1		0,0								
- Standardisierungsbereiche (administrativ und technisch) erfasst und definiert				0,0								
- Administrative Standardisierung: Einheitliche Standardvorlagen (z.B. Standard-Arbeitsblatt) für das Unternehmen				0,0								
- Standardisierung des Produktionssystems (einheitliche Arbeitsplätze und Betriebsmittel, standardisierte Hersteller und Komponenten)				0,0								
- Standardisierung der Prozesse: einheitliche und exakt definierte Abläufe				0,0								
- Standardisierung der Produkte (einheitliche Teile, Komponenten)				0,0								
- Kommunikation der Standardisierung an Mitarbeiter (Weitergabe der Information, Schulung)				0,0								
- Verantwortlichkeiten zum Überprüfen der Einhaltung sind definiert				0,0								
- Einhalten der Standardisierung				0,0								
- Installierter Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung und Erweiterung der Standardisierung				0,0								
Gruppenarbeit	Gesamtergebnis	1		0,0								
- Gruppenarbeit wird vom Unternehmen gefördert				0,0								
- Gruppe hat definierte gemeinsame Ziele, die mit Management abgestimmt sind				0,0								
- Gruppe ist für Ergebnisse verantwortlich				0,0								
- Gruppe arbeitet selbstständig zusammen und löst Probleme gemeinsam				0,0								
- Gruppenarbeit ist systematisch, transparent; Ergebnis wird standardisiert				0,0								
- Offene Kommunikation innerhalb der Gruppe				0,0								

9.4 Six Sigma Roadmaps

9.4.1 Produktionsplanung

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Systematische Produktionsplanung ▪ Problemstellung: Produktionsplanung nicht konsequent von Kundenbedarf ausgehend ▪ Projektziel: Transparente, durchgängige und zuverlässige Produktionsplanung, Zuverlässigkeit und Aktualität der Planungsdaten ▪ Lean-Zielkriterien: Überproduktion, Verzögerung, Lagerbestand, Unausgeglichenheit, Überbelastung <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Ablaufs der Produktionsplanung, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">Project Charter</p> <p>Projektbeschreibung:</p> <p>Problemstellung:</p> <p>Projektziel:</p> <p>Kennzahlen:</p> <p>Restriktionen:</p> <p>Team-Mitglieder:</p> <p>Meilensteine:</p> <p>Benötigte Unterstützung:</p> </div> <p style="text-align: center;">VOC/ CTQ</p> <p style="text-align: center;">Anforderung → Treiber → CTQs</p> <p style="text-align: center;">Allgemein ← Schwer messbar → Spezifisch Schwer messbar ← → Leicht messbar</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Process Mapping/ Ablaufdiagramm ▪ Messmerkmale: Häufigkeit, Durchlaufzeit, Bearbeitungszeit, Fehleranteil <p>5. Aufnahme des Prozesses der Produktionsplanung nach dem Data Collection Plan</p>	
Analyze	<p>6. Analyse des Ablaufs der Produktionsplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchgängigkeit, Transparenz, Planungsaufwand ▪ Kundenorientierung ▪ Top-Down-Prinzip und Detaillierungsstufen ▪ Zuverlässigkeit der Planung ▪ Vergleich mit Planungsmodell (Kap. 9.2.1.1) <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	
Improve	<p>8. Entwicklung eines Systems zur Produktionsplanung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Ziel-Ablaufs (Process Mapping/ Ablaufdiagramm) ▪ Definition der Inhalte (z.B. Umfang und Inhalte der Marktanalyse) ▪ Klare Regeln (z.B. Häufigkeit der Planungsstufen) ▪ Definition der Schnittstellen (z.B. zwischen Verkaufsplanung und Produktionsplan) ▪ Einsatz der Medien (z.B. IT) <p>9. Einführung des Systems zur Produktionsplanung</p>	
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit dem entwickelten Ziel-System</p> <p>11. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	

9.4.2 Produktionsnivellierung und –glättung: Heijunka

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Produktionsnivellierung und -glättung ▪ Problemstellung: Bedarfsschwankungen verhindern eine ausgeglichene Produktion ▪ Projektziel: Glättung der Bedarfsschwankungen, Nivellierung des Produktmixes ▪ Lean-Zielkriterien: Überproduktion, Verzögerungen, Lagerbestand, Überbelastung, Unausgeglichenheit <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Ablaufs der Produktionsnivellierung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen, Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. The SIPOC/VOC/CTQ diagram shows a process flow from 'Anforderung' to 'Treiber' to 'CTQs', with a corresponding SIPOC diagram below it.</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kundenbedarfe und Bedarfsschwankungen je Produkt ▪ Nachfragezyklus, -menge und -schwankung ▪ Produktionslosgrößen, Produktionsreihenfolge ▪ Zykluszeiten-/ Taktzeitendiagramm ▪ Optimale Rüstreihenfolge <p>5. Aufnahme des Prozesses der Produktionsnivellierung und -glättung nach dem Data Collection Plan</p>	<p>The bar chart is titled 'Schwankender Kundenbedarf' and shows demand for three products (A, B, C) over a 10-day period. Product A has a monthly demand of 120 units/20AT, Product B has 60 units/20 AT, and Product C has 60 units/20 AT.</p>
Analyze	<p>6. Analyse des Systems zur Produktionsnivellierung und -glättung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ist-System zur Glättung der Kundenbedarfe (Fertigwarenlager oder kundenseitige Glättung) ▪ Ist- System zur Nivellierung (geregelter Produktmix, Reihenfolge nach optimaler Rüstreihenfolge) ▪ Produktionslosgrößen im Verhältnis zu Rüstzeit (SMED) ▪ Bedarfsmengen /-schwankungen (ABC-XYZ-Analyse) ▪ Zykluszeiten-/Taktzeitdiagramm (s. Synchronisation) <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	<p>The ABC-XYZ matrix shows a 3x3 grid with columns A, B, C and rows X, Y, Z. Below it, a bar chart shows the original distribution of work content across workers A, B, C, and D, with labels for 'Taktzeit' and 'Werker-Zykluszeiten'.</p>
Improve	<p>8. Entwicklung eines Systems zur Produktionsnivellierung und -glättung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Festlegen der Kundentaktzeit → Auslegung des Prozesses (Zykluszeiten) ▪ System zur Glättung der Kundenbedarfe (Auslegung des Fertigwarenlagers, Definition konstanter Produktionsmengen für A/B-X/Y-Produkte) ▪ Klare Regeln zur Reihenfolgeplanung des Produktmixes ▪ Definition von Zeitfenstern (Intervall) ▪ Abstimmung der Produktionsnivellierung und -glättung mit vorgelagerten Prozessen <p>9. Einführung des neuen Systems</p>	<p>The first plan, 'Geglätteter Produktionsplan', shows leveled production for A (120 St.), B (60 St.), and C (60 St.) over 10 days. The second plan, 'Nivelliert und geglätteter Produktionsplan', shows daily production of 3 units for C, 3 units for B, and 6 units for A.</p>
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit dem entwickelten Ziel-System</p> <p>11. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	<p>The control chart displays 'IST' (actual) data points against target values (1a, 2a, 3a) for three different categories, showing the process's performance over time.</p>

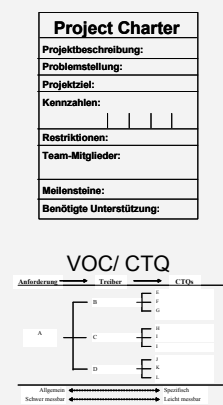
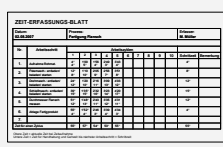
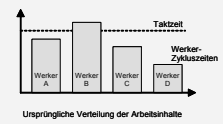
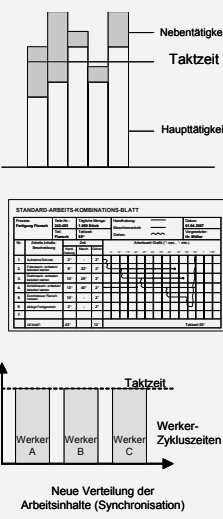
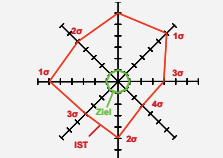
9.4.3 Produktionssteuerung: Pull Prinzip

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Produktionssteuerung nach dem Pull-Prinzip ▪ Problemstellung: Produktionssteuerung erfolgt nach dem Push-Prinzip ▪ Projektziel: Produktion durch selbststeuernde Regelkreise ausgehend von Kundenentnahmen ▪ Lean-Zielkriterien: Überproduktion, Verzögerungen, Lagerbestand, Transport, Unausgeglichenheit <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen, Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. The VOC/CTQ diagram shows a process flow from Anforderung to Treiber to CTQs, with a scale from Allgemein/Schwer nachher to Spezifisch/Licht nachher.</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wertstromanalyse des Ist-Zustands ▪ Nachfragezyklus, -menge und -schwankung ▪ Produktionslosgrößen, optimale Rüstreihenfolge ▪ Zykluszeiten-/ Taktzeitendiagramm ▪ Bestände im System (WIP) <p>5. Aufnahme der Bedarfe und des Prozesses der Produktionssteuerung nach dem Data Collection Plan</p>	<p>The bar chart shows fluctuating customer demand for three products over a period of 20 days. Product A has a monthly demand of 120 Stk / 20 AT, Product B has 60 Stk / 20 AT, and Product C has 60 Stk / 20 AT.</p>
Analyse	<p>6. Überprüfen des Ablauf der Produktionssteuerung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Steuerungsart in den Bereichen mit Pull-/ oder Push-Steuerung (ausgehend von der Entnahmemenge) ▪ Funktionalität der Produktionsnivellierung und -glättung (s. Heijunka) ▪ Bedarfsmengen /-schwankungen (ABC-XYZ-Analyse) ▪ Art und Ausführung von Pull-Kreisläufen ▪ Lagerarten und Dimensionierung der Lager (Kanban) ▪ Anlieferungsarten bei Montageschritten (JIT/ JIS) ▪ Produktionslosgrößen im Verhältnis zu Rüstzeit → Rüstzeitreduzierung, s. SMED (Kap 9.2.3.1) ▪ Zykluszeiten-/Taktzeitdiagramm → s. Synchronisation <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	<p>The top diagram shows a push system where orders are pushed through the process. The bottom chart compares cycle times of workers A, B, C, and D against a taktzeit, showing worker B as the bottleneck.</p>
Improve	<p>8. Entwicklung eines Systems zur Produktionssteuerung nach dem Pull-Prinzip</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Ziel-Ablaufs (Wertstromanalyse) ▪ Sicherstellen der Produktionsnivellierung /-glättung ▪ Definition der Steuerungsprinzipien für Teilegruppen nach ABC-XYZ-Analyse ▪ Auslegung von Kanban-Lager (Kanbanvariante, Lagermenge) ▪ Auslegung von JIT/ JIS Anlieferung <p>9. Einführung des neuen Systems zur Produktionssteuerung nach dem Pull-Prinzip</p>	<p>The Kanban matrix shows Kanban counts for parts X, Y, Z across categories A, B, C. The inventory types diagram defines: Zykluslager (daily demand x DLZ), Pufferlager (in % of cycle inventory), and Sicherheitslager (in % of cycle + buffer inventory).</p>
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit dem entwickelten Ziel-System</p> <p>11. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	<p>The radar chart compares actual performance (IST) against target values (Ziel) across multiple dimensions, with standard deviation markers (1σ, 2σ, 3σ) indicating performance levels.</p>

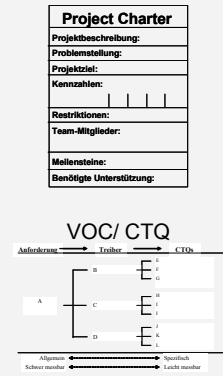
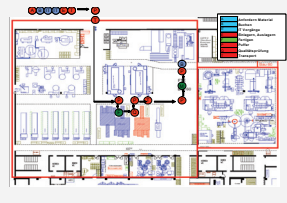
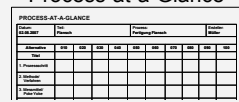
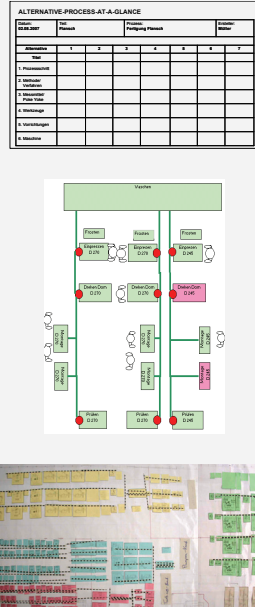
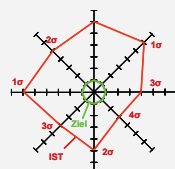
9.4.4 Fließproduktion

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Produktion nach dem Fließprinzip ▪ Problemstellung: Produktion nach dem Verrichtungsprinzip ▪ Projektziel: Produktion ohne Zwischenbestände in kleinen Losgrößen ▪ Lean-Zielkriterien: Verzögerungen, Lagerung, Transport, Bewegungsabläufe, Unausgeglichenheit, Überbelastung <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen, Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. The VOC/CTQ diagram shows a process flow from Auftragsform to Trichter to CTQs, with a table mapping A to E and F to G.</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wertstromanalyse zum Ist-Zustand ▪ Zykluszeiten-/ Taktzeitendiagramm ▪ Nachfragezyklus, -menge und -schwankung ▪ Produktionslosgrößen ▪ Rüstzeiten der Anlagen, optimale Rüstreihenfolge ▪ Bestände im System (WIP) <p>5. Aufnahme des Produktionsprozesses nach dem Data Collection Plan</p>	<p>The bar chart shows 'Ursprüngliche Verteilung der Arbeitsinhalte' for workers A, B, C, and D. Worker B has the highest workload, exceeding the 'Taktzeit' (takt time) line. 'Werker-Zykluszeiten' are indicated for each worker.</p>
Analyze	<p>6. Analyse der Produktion hinsichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung der Prozesskette ▪ Zykluszeiten-/Taktzeitdiagramm ▪ Berechnung von Anzahl Mitarbeiter und Anlagen ▪ Bedarfsmengen /-schwankungen (ABC-XYZ-Analyse) ▪ Vergleich von Variantenvielfalt, Produktmix und Anlagenkapazität/ Rüstfähigkeit (→ z.B. Rennerlinie u. Exotenlinie) ▪ Produktionslosgrößen im Verhältnis zu Rüstzeit → Rüstzeitreduzierung, s. SMED (Kap 9.2.3.1) <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	<p>The process flow diagram shows four steps: Schritt 1, Schritt 2, Schritt 3, Schritt 4. Below are the formulas: $\text{Anzahl Mitarbeiter} = \frac{\text{Manuelle Zykluszeit}}{\text{Taktzeit}}$ and $\text{Anzahl Maschinen} = \frac{\text{Manuelle + Maschinen ZZ}}{\text{Taktzeit}}$</p>
Improve	<p>8. Entwicklung einer Fließproduktion</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Anzahl der Fertigungslinien ▪ Auslegung der Fertigungslinien unter Berücksichtigung des Produktmixes (→ z.B. Rennerlinie u. Exotenlinie) ▪ Darstellung des Ziel-Ablaufs (Wertstromanalyse) ▪ Gestaltung des neuen Layouts (s. Layout) ▪ Gestaltung der Übergabe (manueller Transport/ Automatisierung) und Schnittstellen (Puffer) zwischen den Anlagen: <p>9. Einführung der Fließproduktion</p>	<p>The bar chart shows 'Neue Verteilung der Arbeitsinhalte (Synchronisation)' where worker B's workload is reduced to fit within the 'Taktzeit' line. The VSM diagram shows a 'Fertigungs-linien' and 'Bestell-linien' with inventory buffers.</p>
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit dem entwickelten Ziel-System</p> <p>11. Kontrolle des Ergebnisses durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	<p>The target chart shows a central 'Ziel' (target) with performance metrics: 1σ, 2σ, 3σ, 4σ, and IST (actual). The chart indicates the current performance is below the 2σ target.</p>

9.4.5 Synchronisation der Prozesse

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Synchronisation der Prozesse ▪ Problemstellung: Unausgeglichene Zykluszeiten, Engpässe ▪ Projektziel: Produktion mit synchronisierten Zykluszeiten ▪ Lean-Zielkriterien: Verzögerung, Lagerung, Transport, Bewegungsabläufe Schwankungen/ Überbelastung, <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Kunden 	 <p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen, Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. The SIPOC/VOC/CTQ diagram shows a process flow from 'Anforderung' to 'Teilher' to 'CTQs', with tasks A, B, C, and D, and their respective cycle times (E, G, E, E).</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozessablauf (Standard-Arbeitsblatt) ▪ Zeiterfassung (Zeit-Erfassungs-Blatt) ▪ Kundenbedarfe (Nachfragemenge und Nachfrageschwankung nach Heijunka bzw. ausgehend vom nachgelagerten Prozess) <p>5. Datenerfassung nach dem Data Collection Plan</p>	 <p>The 'ZEIT-ERFASSUNGS-BLATT' table has columns for 'Mitarbeiter', 'Arbeitsinhalt', 'Taktzeit', and 'Takt'. It shows time recording for various tasks across different workers.</p>
Analyze	<p>6. Analyse der Produktion</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zykluszeiten-Taktzeitdiagramm ▪ Kapazität von Maschinen (Prozess-Kapazitäts-Blatt) ▪ Identifikation von Engpässen <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	 <p>The 'Zykluszeiten-Taktzeitdiagramm' is a bar chart showing cycle times for workers A, B, C, and D against a target 'Taktzeit'. Worker B's cycle time exceeds the taktzeit, indicating a bottleneck.</p>
Improve	<p>8. Eliminierung von Verschwendung Reduzierung der Zykluszeit am Engpass</p> <p>9. Trennung von Haupt- und Nebentätigkeit: Auslagerung von Nebentätigkeiten</p> <p>10. Erstellen des Standard-Arbeits-Kombinations-Blattes: Für jeden Prozessschritt werden die Zeiten (Mitarbeiter, Anlage) und die Reihenfolge der Tätigkeiten festgelegt</p> <p>11. Anpassung der Arbeitsbereiche an die Taktzeit: Auf der Grundlage des Standard-Arbeits-Kombinations-Blattes erfolgt je nach Taktzeit die Zuteilung der Prozessschritte an jeden Mitarbeiter. Für jeden Mitarbeiter sollten verhältnismäßig lange mit verhältnismäßig kurzen Arbeitselementen kombiniert werden.</p> <p>12. Einführung des Systems der synchronisierten Prozesse</p>	 <p>The 'STANDARD-ARBEITS-KOMBINATIONEN-BLATT' table shows task assignments for workers A, B, and C. The 'Neue Verteilung der Arbeitsinhalte (Synchronisation)' bar chart shows that after reassignment, all workers' cycle times are aligned with the 'Taktzeit'.</p>
Control	<p>13. Vergleich des neuen Ablaufes mit dem entwickelten Ziel-Ablauf</p> <p>14. Kontrolle des Ergebnisses durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>15. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	 <p>The radar chart compares 'IST' (actual) values against 'Ziel' (target) values for various metrics (1a, 2a, 3a, 4a) across different workers, showing areas for improvement.</p>

9.4.6 Layout

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
<p>Define</p>	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Optimierung des Layouts ▪ Problemstellung: Verschwendung durch suboptimales Layout ▪ Projektziel: Veränderung des Layouts für einen verschwendungsfreien Material- und Informationsfluss ▪ Lean-Zielkriterien: Überproduktion, Verzögerungen, Lagerung, Transport <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	 <p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen, Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. Below it is a VOC/CTQ diagram showing a process flow from 'Anforderung' to 'Treiber' to 'CTQs', with a corresponding SIPOC diagram.</p>
<p>Measure</p>	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wertstromanalyse (Prozessablauf) ▪ Ist-Prozess-Layout (Standard-Arbeitsblatt) ▪ Aufnahme der Materialflüsse im Layout ▪ Ist-Layout der Produktionshalle, Maße der Anlagen etc. <p>5. Aufnahme des Produktionsprozesses und des Layouts nachdem Data Collection Plan</p>	 <p>A Value Stream Map (VSM) diagram showing material and information flow between various process steps in a factory layout.</p>
<p>Analyze</p>	<p>6. Darstellung des Prozesses: Process-at-a-Glance (Prozessschritt, Methode/ Verfahren, Messmittel, Werkzeuge, Vorrichtungen, Maschine)</p> <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	<p>Process-at-a-Glance</p>  <p>A table with columns for 'Prozessschritt', 'Methode/Verfahren', 'Messmittel', 'Werkzeuge', 'Vorrichtungen', and 'Maschine'. It lists various process steps like 'Anfertigen', 'Montieren', etc.</p>
<p>Improve</p>	<p>8. Optimierung des Fertigungsablaufs:</p> <p>8.1 Entwicklung von Fertigungsalternativen für jeden Prozessschritt (Alternative-Process-at-a-Glance)</p> <p>8.2 Auswertung und Auswahl der jeweils besten Fertigungsalternative (Process-Evaluation-Chart)</p> <p>8.3 Darstellung des gesamten Fertigungsablaufs (Overall-Process-at-a-Glance)</p> <p>9. Entwicklung eines Ideallayouts: (7 Ideen): Ohne Berücksichtigung von Restriktionen</p> <p>10. Entwicklung eines Reallayouts (7 Ideen): Berücksichtigung der Restriktionen</p> <p>11. Abbildung im Maßstab 1:1 aus Papier: Mindestens 2-D, idealerweise 3-D</p> <p>12. Simulation der Abläufe: Identifikation von Problemen, Umsetzung von Verbesserungen</p> <p>13. Real-Simulation: Definition von Zeiten und Abläufen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zykluszeiten-/ Taktzeitdiagramm ▪ Standard-Arbeits-Kombinations-Blatt <p>14. Einführung des Ziel-Layouts</p>	<p>ALTERNATIVE-PROCESS-AT-A-GLANCE</p>  <p>The table shows alternative process steps for 'Anfertigen', 'Montieren', etc. Below are two layout diagrams: one showing a 'Verfahren' (process) flow and another showing a physical layout of machines and workstations.</p>
<p>Control</p>	<p>15. Vergleich des eingeführten Layouts mit dem entwickelten Ziel-Layout</p> <p>16. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>17. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	 <p>A control chart showing performance metrics over time, with a central 'Ziel' (target) and control limits at 1σ, 2σ, 3σ, and 4σ. The current state is labeled 'IST'.</p>

9.4.7 Andon

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel																																				
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Einführung von Andon ▪ Problemstellung: Lange Reaktionszeiten bei Ausfällen, häufige Stillstände ▪ Projektziel: Reduzierung der Reaktionszeit, Erhöhung der Ausbringung ▪ Lean Zielkriterien: Verzögerungen, Fehlerhafte Produkte <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>Project Charter</p> <table border="1"> <tr><td>Projektbeschreibung:</td></tr> <tr><td>Problemstellung:</td></tr> <tr><td>Projektziel:</td></tr> <tr><td>Kennzahlen:</td></tr> <tr><td>Restriktionen:</td></tr> <tr><td>Team-Mitglieder:</td></tr> <tr><td>Meilensteine:</td></tr> <tr><td>Benötigte Unterstützung:</td></tr> </table> <p>VOC/CTQ</p>	Projektbeschreibung:	Problemstellung:	Projektziel:	Kennzahlen:	Restriktionen:	Team-Mitglieder:	Meilensteine:	Benötigte Unterstützung:																												
Projektbeschreibung:																																						
Problemstellung:																																						
Projektziel:																																						
Kennzahlen:																																						
Restriktionen:																																						
Team-Mitglieder:																																						
Meilensteine:																																						
Benötigte Unterstützung:																																						
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Häufigkeit von Stillständen ▪ Reaktionszeit bis zur Fehlerbehebung ▪ Dauer der Fehlerbehebung ▪ Nachhaltigkeit der Fehlerbehebung ▪ Vermerk zu Problemen und Verbesserungsmaßnahmen <p>5. Aufnahme der Stillstände und der Fehlerbehebung im Ist-Zustand nach dem Data Collection Plan</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr</th> <th>Ursache des Stillstandes (Fehler)</th> <th>Reaktionszeit bis Beginn Fehlerbehebung [min]</th> <th>Tatsächliche Dauer der Fehlerbehebung [min]</th> <th>Wiederholungsstillstand</th> <th>Verbesserungsmaßnahmen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Zuführung verklemt</td> <td>3</td> <td>2</td> <td></td> <td>Kürzere Stauweiche</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Auswerfer defekt</td> <td>5</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Werkzeugbruch</td> <td>2</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Zuführung verklemt</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>s. 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	Nr	Ursache des Stillstandes (Fehler)	Reaktionszeit bis Beginn Fehlerbehebung [min]	Tatsächliche Dauer der Fehlerbehebung [min]	Wiederholungsstillstand	Verbesserungsmaßnahmen	1	Zuführung verklemt	3	2		Kürzere Stauweiche	2	Auswerfer defekt	5	10			3	Werkzeugbruch	2	1			4	Zuführung verklemt	1	1	s. 1		5
Nr	Ursache des Stillstandes (Fehler)	Reaktionszeit bis Beginn Fehlerbehebung [min]	Tatsächliche Dauer der Fehlerbehebung [min]	Wiederholungsstillstand	Verbesserungsmaßnahmen																																	
1	Zuführung verklemt	3	2		Kürzere Stauweiche																																	
2	Auswerfer defekt	5	10																																			
3	Werkzeugbruch	2	1																																			
4	Zuführung verklemt	1	1	s. 1																																		
5																																	
Analyze	<p>6. Analyse der Ursachen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Häufigkeit von Stillständen ▪ Reaktionszeit bis zur Fehlerbehebung ▪ Dauer der Fehlerbehebung ▪ Nachhaltigkeit der Fehlerbehebung 																																					
Improve	<p>7. Entwicklung und Einführung eines geeigneten Andon Systems zur Visualisierung von Stillständen → Reduzierung der Reaktionszeit</p> <p>8. Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der Häufigkeit von Stillständen (Nachhaltigkeit)</p> <p>9. Umsetzung von Maßnahmen zur Verkürzung der Reaktionszeit zur Fehlerbehebung und zur Optimierung der Nachhaltigkeit</p>																																					
Control	<p>10. Vergleich des eingeführten Systems mit dem entwickelten Zielsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufnahme der Stillstände und der Fehlerbehebung nach den Verbesserungen nach dem gleichen Schema wie in der Measure-Phase <p>11. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>12. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>																																					

9.4.8 SMED

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel																																				
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Rüstzeitreduzierung ▪ Problemstellung: Lange Rüstzeiten --> große Lose --> Hohe Bestände/ unflexibel ▪ Projektziel: Reduzierung der Rüstzeit auf z.B. 10 min ▪ Lean-Zielkriterien: Überproduktion, Verzögerungen, Lagerung, Bewegungsabläufe <p>2. Definition der Rüstzeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ z.B. Rüstzeit ist definiert als Dauer vom letzten Gutteil eines Loses bis zum ersten Gutteil des Folgeloses <p>3. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>4. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>Project Charter</p> <table border="1"> <tr><td>Projektbeschreibung:</td></tr> <tr><td>Problemstellung:</td></tr> <tr><td>Projektziel:</td></tr> <tr><td>Kennzahlen:</td></tr> <tr><td>Restriktionen:</td></tr> <tr><td>Team-Mitglieder:</td></tr> <tr><td>Meilensteine:</td></tr> <tr><td>Benötigte Unterstützung:</td></tr> </table> <p>VOC/CTQ</p>	Projektbeschreibung:	Problemstellung:	Projektziel:	Kennzahlen:	Restriktionen:	Team-Mitglieder:	Meilensteine:	Benötigte Unterstützung:																												
Projektbeschreibung:																																						
Problemstellung:																																						
Projektziel:																																						
Kennzahlen:																																						
Restriktionen:																																						
Team-Mitglieder:																																						
Meilensteine:																																						
Benötigte Unterstützung:																																						
Measure	<p>5. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rüstschritte mit jeweiliger Zeitdauer ▪ Wegediagramm des Einrichters ▪ Vermerk zu Problemen und unmittelbaren Verbesserungsideen <p>6. Aufnahme des Rüstablaufs im Ist-Zustand nach dem Data Collection Plan</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr</th> <th>Rüstschritte</th> <th>Zeit [min]</th> <th>Intern</th> <th>Extern</th> <th>Verbesserungsidee</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Bereitstellung Material</td> <td>5</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bereitstellung Arbeitspapier</td> <td>2</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Ausbau der Zuführung</td> <td>3</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Reinigen der Zuführung</td> <td>3</td> <td>X</td> <td></td> <td>Wechseltführung</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	Nr	Rüstschritte	Zeit [min]	Intern	Extern	Verbesserungsidee	1	Bereitstellung Material	5		X		2	Bereitstellung Arbeitspapier	2		X		3	Ausbau der Zuführung	3	X			4	Reinigen der Zuführung	3	X		Wechseltführung	5
Nr	Rüstschritte	Zeit [min]	Intern	Extern	Verbesserungsidee																																	
1	Bereitstellung Material	5		X																																		
2	Bereitstellung Arbeitspapier	2		X																																		
3	Ausbau der Zuführung	3	X																																			
4	Reinigen der Zuführung	3	X		Wechseltführung																																	
5																																	
Analyse	<p>7. Unterteilung der Rüstschritte in interne (können nur bei stillstehender Anlage durchgeführt werden) und externe Schritte (können parallel zu produzierender Anlage durchgeführt werden)</p> <p>8. Umwandlung von internen in externe Rüstschritte soweit möglich</p> <p>9. Verbesserungsideen zur Reduzierung der internen Rüstzeit</p>																																					
Improve	<p>10. Auswahl der umzusetzenden Verbesserungsideen über eine Nutzen-Aufwand-Matrix</p> <p>11. Schnelle Umsetzung der Maßnahmen, ggf. zunächst provisorisch für Tests</p>																																					
Control	<p>12. Aufnahme der Rüstzeit nach den Verbesserungen nach dem gleichen Schema wie in der Measure Phase</p> <p>13. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>14. Ermittlung weiterer Verbesserungen bzw. Umsetzung komplexer und daher noch offener Verbesserungsmaßnahmen</p>																																					

9.4.9 Poke Yoke

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel																														
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Einführung von Poke Yoke zur Fehlervermeidung ▪ Problemstellung: Fehler werden zu spät entdeckt, zu hohe Fehlerrate ▪ Projektziel: Verbesserung der Qualität und Reduzierung der Qualitätskosten ▪ Lean-Zielkriterien: Bewegungsabläufe, Fehlerhafte Produkte <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>Project Charter</p> <p>Projektbeschreibung: Problemstellung: Projektziel: Kennzahlen: Restriktionen: Team-Mitglieder: Meilensteine: Benötigte Unterstützung:</p> <p>VOC/ CTQ</p>																														
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Häufigkeit und Menge definierter Fehlerarten ▪ Entstehung der erkannten Fehlerarten <p>5. Aufnahme von Fehlerhäufigkeit und Menge nach dem Data Collection Plan</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr</th> <th>Fehlerart</th> <th>Fehler-Nr.</th> <th>Anzahl betroffener Teile</th> <th>Verbesserungs-idee</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Dichtung falsch eingelegt</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>Stempel mit Prüfkonur nach Montage</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Verkrümmung undicht</td> <td>1</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Kratzer an Hülse</td> <td>3</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Dichtung falsch eingelegt</td> <td>5</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>...</td> <td></td> <td></td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	Nr	Fehlerart	Fehler-Nr.	Anzahl betroffener Teile	Verbesserungs-idee	1	Dichtung falsch eingelegt	5	3	Stempel mit Prüfkonur nach Montage	2	Verkrümmung undicht	1	5		3	Kratzer an Hülse	3	2		4	Dichtung falsch eingelegt	5	1		5
Nr	Fehlerart	Fehler-Nr.	Anzahl betroffener Teile	Verbesserungs-idee																												
1	Dichtung falsch eingelegt	5	3	Stempel mit Prüfkonur nach Montage																												
2	Verkrümmung undicht	1	5																													
3	Kratzer an Hülse	3	2																													
4	Dichtung falsch eingelegt	5	1																													
5																												
Analyze	<p>6. Auswertung der Fehlerhäufigkeit mit Pareto-Diagramm</p> <p>7. Auswahl der Haupt-Fehlerarten</p> <p>8. Analyse der Ursachen zu den Haupt-Fehlerarten</p>	<p>Anzahl Pareto-Diagramm Ist-Zustand</p>																														
Improve	<p>9. Entwicklung von Poke Yoke Einrichtungen</p> <p>10. Auswahl und Implementierung der Poke Yoke Einrichtungen</p>	<p>Ursachenkontrolle</p>																														
Control	<p>11. Aufnahme von Fehlerhäufigkeit und Menge nach dem gleichen Schema wie in der Measure-Phase</p> <p>12. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>13. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	<p>Anzahl Vergleichs-Diagramm nach Verbesserung</p>																														

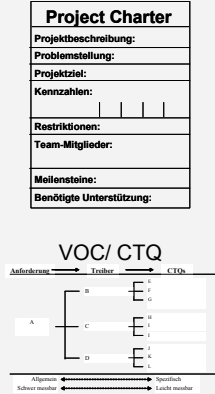

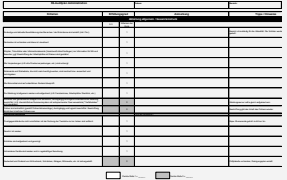
9.4.10 TPM

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel																																								
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Einführung von TPM zur Verbesserung der Anlageneffektivität ▪ Problemstellung: Ungenutzte Anlagenkapazität durch Stillstände ▪ Projektziel: Steigerung der Gesamtanlageneffektivität (O.E.E.) ▪ Lean-Zielkriterien: Verzögerungen, Lagerung, Bearbeitung, Fehlerhafte Produkte, Unausgeglichenheit, Überbelastung <p>2. Definition der Anlageneffektivität (OEE): O.E.E.= Verfügbarkeitsniveau * Leistungsniveau * Qualitätsniveau</p> <p>3. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>4. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>Project Charter</p> <table border="1"> <tr><td>Projektbeschreibung:</td></tr> <tr><td>Problemstellung:</td></tr> <tr><td>Projektziel:</td></tr> <tr><td>Kennzahlen:</td></tr> <tr><td>Restriktionen:</td></tr> <tr><td>Team-Mitglieder:</td></tr> <tr><td>Meilensteine:</td></tr> <tr><td>Benötigte Unterstützung:</td></tr> </table> <p>VOC/ CTQ</p>	Projektbeschreibung:	Problemstellung:	Projektziel:	Kennzahlen:	Restriktionen:	Team-Mitglieder:	Meilensteine:	Benötigte Unterstützung:																																
Projektbeschreibung:																																										
Problemstellung:																																										
Projektziel:																																										
Kennzahlen:																																										
Restriktionen:																																										
Team-Mitglieder:																																										
Meilensteine:																																										
Benötigte Unterstützung:																																										
Measure	<p>5. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausfallursache und Ausfallzeiten für betrachteten Anlagen ▪ Vermerk zu Problemen und Verbesserungsmaßnahmen <p>6. Aufnahme von Ausfallursachen und Ausfallzeiten nach dem Data Collection Plan</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr</th> <th>Ausfallursache</th> <th>Anlage</th> <th>Ausfallzeit</th> <th>Verbesserungsidee</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Zuführung klebmt</td><td>5</td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Leckage KSM</td><td>1</td><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Näherungsschalter defekt</td><td>3</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Zuführung verklemmt</td><td>5</td><td>8</td><td>Beschichtete Zuführschne</td></tr> <tr><td>5</td><td>...</td><td></td><td></td><td>...</td></tr> </tbody> </table>	Nr	Ausfallursache	Anlage	Ausfallzeit	Verbesserungsidee	1	Zuführung klebmt	5	10		2	Leckage KSM	1	50		3	Näherungsschalter defekt	3	5		4	Zuführung verklemmt	5	8	Beschichtete Zuführschne	5										
Nr	Ausfallursache	Anlage	Ausfallzeit	Verbesserungsidee																																						
1	Zuführung klebmt	5	10																																							
2	Leckage KSM	1	50																																							
3	Näherungsschalter defekt	3	5																																							
4	Zuführung verklemmt	5	8	Beschichtete Zuführschne																																						
5																																						
Analyze	<p>7. Auswertung der Ausfallzeiten je Anlage und Auftrag</p> <p>8. Berechnung des O.E.E. (ggf. auch weitere Kennzahlen: Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR))</p> <p>9. Auswahl der zu behebenden Ausfallursachen</p>	<p>Pareto-Diagramm Ist-Zustand</p>																																								
Improve	<p>10. Beheben der Ausfallursachen (Schaffen einer stabilen Basis)</p> <p>11. Entwicklung und Einführung eines Instandhaltungsplans</p> <p>12. Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen nach dem Instandhaltungsplan</p> <p>13. Optimierung interner Abläufe zur Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen (Fehlerdiagnose, Ersatzteillager, Ersatzteilaustausch)</p>	<p>Instandhaltungsplan</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Prozess: Fertigung Flanssch</th> <th>Maschinen-Nr.: 240-403</th> <th>Maschinen-Name: DMG Langdrehler</th> <th>Datum: 01.04.2007</th> </tr> <tr> <th>Nr.</th> <th>Instandhaltungsmaßnahme</th> <th>Häufigkeit</th> <th>Verst.</th> <th>Bemerkung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Planung Maschinenset</td><td>Wöch.</td><td>Prod.</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Hydraulik nachrüsten</td><td>Wöch.</td><td>St.</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Spindel Spannsange prüfen, ggf. ersetzen</td><td>Wöch.</td><td>Prod.</td><td>Spannsange: 1000-CTQ</td></tr> <tr><td>4</td><td>Hydraulik ersetzen</td><td>Jahr.</td><td>St.</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Spindel prüfen, ggf. ersetzen</td><td>Jahr.</td><td>St.</td><td>Spindel: 007-240-2</td></tr> <tr><td>...</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Prozess: Fertigung Flanssch		Maschinen-Nr.: 240-403	Maschinen-Name: DMG Langdrehler	Datum: 01.04.2007	Nr.	Instandhaltungsmaßnahme	Häufigkeit	Verst.	Bemerkung	1	Planung Maschinenset	Wöch.	Prod.		2	Hydraulik nachrüsten	Wöch.	St.		3	Spindel Spannsange prüfen, ggf. ersetzen	Wöch.	Prod.	Spannsange: 1000-CTQ	4	Hydraulik ersetzen	Jahr.	St.		5	Spindel prüfen, ggf. ersetzen	Jahr.	St.	Spindel: 007-240-2	...				
Prozess: Fertigung Flanssch		Maschinen-Nr.: 240-403	Maschinen-Name: DMG Langdrehler	Datum: 01.04.2007																																						
Nr.	Instandhaltungsmaßnahme	Häufigkeit	Verst.	Bemerkung																																						
1	Planung Maschinenset	Wöch.	Prod.																																							
2	Hydraulik nachrüsten	Wöch.	St.																																							
3	Spindel Spannsange prüfen, ggf. ersetzen	Wöch.	Prod.	Spannsange: 1000-CTQ																																						
4	Hydraulik ersetzen	Jahr.	St.																																							
5	Spindel prüfen, ggf. ersetzen	Jahr.	St.	Spindel: 007-240-2																																						
...																																										
Control	<p>14. Aufnahme von Ausfallursachen und Ausfallzeiten nach dem gleichen Schema wie in der Measure-Phase</p> <p>15. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus Define Phase</p> <p>16. Ermittlung weiterer Verbesserungen z.B. nach den 5 TPM Stufen von RADHI [RADH02, S.17]</p>	<p>Pareto-Diagramm nach Verbesserung</p>																																								

9.4.11 Automation

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Erweiterung der Automatisierung ▪ Problemstellung: Kostenintensive Handarbeit, Fehlerhäufigkeit, geringe Produktivität ▪ Projektziel: Steigerung der Produktivität durch Erweiterung der Automatisierung ▪ Lean-Zielkriterien: Bearbeitung, Bewegungsabläufe, Fehlerhafte Produkte <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mitarbeiterzyklusdiagramm ▪ Maschinenzklusdiagramm ▪ Taktzeit ▪ Standard-Arbeits-Kombinations-Blatt ▪ Prozess-Kapazitäts-Blatt <p>5. Aufnahme von Zeiten und Arbeitsabfolge nach dem Data Collection Plan</p>	
Analyze	<p>6. Ermitteln der Stufe der Automation, s. Kapitel 9.2.3.2</p> <p>7. Überprüfen der Synchronisation und der Arbeitsabläufe und ob noch Einsparungen ohne Automation möglich sind: „Prozessoptimierung vor Automatisierung“</p> <p>8. Analyse welche manuellen Arbeitsschritte durch Automatisierung ersetzt werden können</p> <p>9. Entwicklung von Synchronisations-Szenarien unter Berücksichtigung zusätzlicher Automatisierung</p> <p>10. Auswahl des Szenarios mit dem bestem Nutzen-Aufwand-Verhältnis</p>	
Improve	<p>11. Entwicklung von technischen Lösungen zur Realisierung der geforderten Automatisierung</p> <p>12. Auswahl der Lösung mit dem besten Nutzen-Aufwand-Verhältnis</p> <p>13. Umsetzung der ausgewählten Lösung</p>	
Control	<p>14. Überprüfung der Zuverlässigkeit der Automatisierung</p> <p>15. Aufnahme der Zeiten und Arbeitsfolge nach dem gleichen Schema wie in der Measure-Phase</p> <p>16. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>17. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	

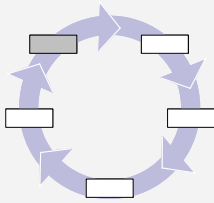
9.4.12 5-S

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Einführung von 5-S ▪ Problemstellung: Effizienzverluste durch mangelnde Ordnung und Sauberkeit ▪ Projektziel: Ordnung, Sauberkeit und Standardisierung in den betroffenen Bereichen ▪ Lean-Zielkriterien: Bewegungsabläufe, Fehlerhafte Produkte <p>2. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	 <p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen (with a bar chart), Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. The VOC/CTQ diagram shows a tree structure with 'Anforderung' on the left, 'Treiber' in the middle, and 'CTQs' on the right, with arrows indicating relationships.</p>
Measure	<p>3. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellen eines Audit-Plans <p>4. Aufnahme der Ist-Situation nach dem Data Collection Plan (Audit-Plan)</p>	 <p>The Audit-Plan is a spreadsheet with columns for 'Anforderung', 'Ist-Situation', and 'Maßnahmen'. It contains multiple rows for data entry.</p>
Analyze	<p>5. Analyse der Bereich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Status nach Audit Plan <p>6. Definition von Schwachstellen</p>	
Improve	<p>7. Durchführung von 5-S in den betroffenen Bereichen</p> <p>7.1 Säubern der Gegenstände 7.2 Sortieren der Gegenstände, Entfernen unnötiger Gegenstände 7.3 Systematisieren (Lagerflächen, etc.) der Gegenstände 7.4 Standardisieren (z.B. einheitliche Beschriftung) 7.5 Selbstdisziplin schulen, fördern und fordern</p>	
Control	<p>8. Aufnahme der 5-S Situation nach dem gleichen Schema wie in der Measure-Phase</p> <p>9. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich der Audit-Plan-Ergebnisse und durch Vergleich mit den Zielwerten aus der Define Phase</p> <p>10. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	 <p>The Control spreadsheet is similar to the Audit-Plan, with columns for 'Anforderung', 'Ist-Situation', and 'Maßnahmen', used for ongoing monitoring.</p>

9.4.13 Standardisierung

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Standardisierung von Prozessen oder Gegenständen ▪ Problemstellung: Effizienzverluste durch mangelnde Standardisierung ▪ Projektziel: Einheitliche Durchführung von Prozessen, Vereinfachung bei der Gestaltung oder Anwendung von Gegenständen ▪ Lean Zielkriterien: Bearbeitung, Bewegungsabläufe <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	<p>The Project Charter form includes fields for: Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen (with a bar chart), Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. Below it is a VOC/CTQ diagram showing a process flow from 'Aufgaben' to 'Treiber' to 'CTQs', with a matrix mapping 'A' to 'E' and 'D' to 'E'.</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Derzeitige Lösungen (Prozessvarianten, unterschiedliche Gegenstände) ▪ Wertstromanalyse (bei Prozess) ▪ Gesamtkonstruktion, Wertanalyse (bei Gegenständen) <p>5. Aufnahme der Ist-Situation nach dem Data Collection Plan</p>	<p>The Wertanalyse diagram shows a central circle representing a 'Zielsystem'. Arrows point to it from 'Kostensparende Wirkung' and 'Nutzenschaffende Wirkung'. Above the circle is 'Wertanalyse', which branches into 'Kosten' and 'Nutzen'. 'Alternativlösungen' also have arrows pointing towards the central circle.</p>
Analyze	<p>6. Ermittlung der Bedarfe aus VOC/CTQ</p> <p>7. Definition von Schwachstellen</p>	
Improve	<p>8. Gemeinsame Entwicklung einer Standardlösung unter Einbeziehung der Bedarfe und der bisherigen „Best of“ Lösungen</p> <p>9. Test und Verbesserung der Standardlösung</p> <p>10. Einführung und Verbreitung der neuen Standardlösung (Bekanntmachung, Schulung, etc.)</p>	
Control	<p>11. Vergleich des „gelebten“ Standards mit der entwickelten Standardlösung</p> <p>12. Kontrolle der Ergebnisse durch Vergleich mit den Zielwerten aus Define Phase</p> <p>13. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	

9.4.14 Gruppenarbeit

Phase	Standardisierte Inhalte für die Umsetzung	Umsetzungsbeispiel
Define	<p>1. Project Charter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektbeschreibung: Einführung von Gruppenarbeit ▪ Problemstellung: Wissens- und Effizienzverluste durch Individualarbeit ▪ Projektziel: Gemeinsame Bearbeitung von Aufgaben und Problemen ▪ Lean Ziel-Kriterien: Einzelne Zuordnung nicht möglich, Gruppenarbeit nimmt Einfluss auf alle Kriterien <p>2. SIPOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung des Prozessablaufs, Problemerkennung <p>3. VOC/CTQ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der Lösungserwartung der Beteiligten 	 <p>The image shows a 'Project Charter' form with fields for Projektbeschreibung, Problemstellung, Projektziel, Kennzahlen, Restriktionen, Team-Mitglieder, Meilensteine, and Benötigte Unterstützung. Below it is a SIPOC/VOC/CTQ diagram with 'Anforderung' (Requirements) on the left, 'Treiber' (Drivers) in the middle, and 'CTQs' (Critical-to-Quality) on the right. A process flow 'A' is shown with steps B, C, and D, each leading to specific CTQs (E1, E2, E3, E4).</p>
Measure	<p>4. Data Collection Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufnahme gemeinsamer Aufgaben und Probleme ▪ Aufnahme der Gruppenstruktur ▪ Aufnahme der Gruppenstimmung (Teamarbeit) <p>5. Aufnahme der Ist-Situation nach dem Data Collection Plan</p>	
Analyze	<p>6. Auswahl der Aufgaben</p> <p>7. Analyse der Gruppenstruktur (Zusammensetzung, Leiter, Rollen)</p> <p>8. Definition von Schwachstellen</p>	
Improve	<p>9. Definition der zu lösenden Aufgabe</p> <p>10. Zeit und Freiräume die Aufgaben in der Gruppe selbstständig zu lösen</p> <p>11. Reflektion des Gruppenverhaltens</p> <p>12. Umsetzung des Ergebnisses, ggf. Definition des Ergebnisses als Standards</p>	 <p>A circular diagram with five rectangular boxes connected by arrows in a clockwise direction, representing a continuous improvement or feedback loop.</p>
Control	<p>13. Kontrolle der weiteren Gruppenarbeit und der Akzeptanz der Ergebnisse mit Zielwerten aus Define Phase</p> <p>14. Ermittlung weiterer Verbesserungen</p>	

10 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Thomas Nad
Geburtsdatum: 17.05.1976
Geburtsort: Kempten
Familienstand: ledig

Schulbildung und Wehrersatzdienst

09/1982 – 07/1987 Grund- u. Hauptschule Dietmannsried
09/1987 – 06/1996 Hildegardis-Gymnasium Kempten
07/1996 – 07/1997 Wehrersatzdienst beim Malteser Hilfsdienst Kempten

Studium und Promotion:

10/1997 – 06/2003 Studium an der Universität Kaiserslautern zum
Diplom Wirtschaftsingenieur (Maschinenbau) mit den Vertiefungsrichtungen:
Verbrennungsmotoren, Kraftfahrzeugtechnik, Unternehmensgründung
01/2000 – 05/2000 MBA-Programm an der University of Calgary, Kanada
01/2009 – 01/2013 Promotion zum Thema „Integration der Six Sigma Methodik in ein reifes
Vorgehensmodell zur Konfiguration eines Lean Production Systems“ am
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement der Universität
Stuttgart

Arbeitserfahrung und Berufstätigkeit:

06/2002 – 10/2002 Studienarbeit: Daimler AG, Gaggenau
12/2002 – 04/2003 Diplomarbeit: TRW Automotive, Kapstadt, Südafrika
09/2003 – 09/2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Produktionsoptimierung,
Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL)
der RWTH Aachen
10/2005 – 03/2009 Fertigungsplaner und Industrial Engineer,
BERU AG, Ludwigsburg
03/2009 – 09/2012 Segmentleiter
BorgWarner BERU Systems GmbH, Ludwigsburg
seit 09/2012 Produktgruppenleiter (Product Line Manager),
BorgWarner BERU Systems GmbH, Ludwigsburg
